PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 11. 1. Juni 1919. Redaktionsschluß für No. 13 am 7. Juni 1919. 20. Jahrgang.

INHALT:

Originalmitteilungen:

W. König, Über einen Fall von krummliniger Strahlenbrechung. S. 241.

W. Hahnemann u. H. Hecht, Schallgeber und Schallempfänger. II. S. 245.

M. Siegbahn u. E. Jönsson, Über die Absorptionsgrenzfrequenzen der Röntgenstrahlen bei den schwereren Elementen, besonders bei den seltenen Erden. S. 251.

H. Rohmann, Doppelbrechung des Lanolins. S. 256.

Personalien. S. 257.

Vorlesungsverzeichnis f. das Sommersemester 1919. S. 257.

Gesuche. S. 264.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über einen Fall von krummliniger Strahlenbrechung.

Von Walter König.

Die krummlinige Brechung der Schallstrahlen in der Luft ist in den letzten Jahren mehrfach Gegenstand der Erörterung gewesen infolge der merkwürdigen Erfahrungen, die uns der Krieg in bezug auf die Hörweite des Geschützdonners gebracht hat. Ich bin zu einer Beschäftigung mit diesem Problem von einem ganz anderen Ausgangspunkt her gelangt. Vor mehreren Jahren habe ich einmal den Versuch gemacht, die Gesetzmäßigkeiten der Schneidentöne durch die Vorstellung zu erklären, daß von der Schneide irgendeine Störung sich mit der Schallgeschwindigkeit ausbreitet und an der Ausströmungsöffnung angelangt, hier eine Veränderung des Strömungsvorganges bewirkt, die nun ihrerseits vom Strome fortgetragen, zu einer neuen Störung an der Schneide und so zur periodischen Wiederholung des Vorganges Veranlassung gibt[1]). Diese Annahme erklärte aber nur einen Teil der Gesetzmäßigkeiten; sie gewährte kein Verständnis für die Beschränkung der Erscheinung auf einen gewissen Bereich der Abstände, und ebensowenig für die Sprünge und die Wiederholung der Tonfolge in mehreren Intervallen. Das Bemühen, in die Erfassung dieser Vorgänge weiter einzudringen, führte mich auf die Frage, ob vielleicht die durch die Struktur der strömenden Lamelle bedingte besondere Art der Schallausbreitung innerhalb der Lamelle an der Erscheinung und ihren Besonderheiten beteiligt sein könnte. So entstand die nachfolgende Untersuchung, deren Mitteilung mir lohnend erscheint, auch wenn die Ergebnisse der Rechnung den vermuteten Zusammenhang mit den Schneidentönen nicht ganz sicher erscheinen lassen.

1) H. R. Göller, Untersuchungen über Lamellentöne, Diss. Gießen 1912; W. König, Zur Theorie der Schneidentöne, Verhandlg. d. D. Phys. Ges. 14, 918, 1912.

Wir wollen annehmen, daß die aus einem schmalen Spalt austretende Lamelle sich in gleichförmiger Strömung befinde. Ihre Achse oder Mittellinie, in der die Strömungsgeschwindigkeit am größten ist, werde als X-Achse genommen, und zwar soll die positive X-Richtung der Strömungsrichtung der Luft entgegengerichtet sein. Die Z-Achse liege parallel dem Spalt, aus dem die Lamelle austritt, die Y-Achse also senkrecht zur Fläche der Lamelle. Die Strömungsgeschwindigkeit wird im allgemeinen eine Funktion aller drei Koordinaten sein. Ist der Spalt lang und eng, so kann das Problem als ein zweidimensionales behandelt und die Betrachtung auf die X-Y-Ebene beschränkt werden. Die Verteilung der Geschwindigkeit in einem senkrecht durch die Lamelle hindurchgelegten Querschnitt ist von Herrn Dr. Johannes Rieth in meinem Institut für eine Reihe verschiedener Querschnitte untersucht und in Kurven dargestellt worden[1]). Der ursprünglich starke Abfall der Geschwindigkeit von der Mitte der Lamelle aus nach den Seiten hin flacht sich mit wachsender Entfernung von der Spaltöffnung allmählich ab. Aber auch diese Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit von der X-Koordinate soll im folgenden der Vereinfachung halber vernachlässigt werden. Es soll also vorausgesetzt werden, daß die Luft überall der X-Achse parallel ströme und ihre Geschwindigkeit nur längs der Y-Achse variiere. Die Kurven, welche diese Abhängigkeit darstellen, haben etwa das Aussehen einer Resonanzkurve. Es soll daher der Rechnung die Annahme zugrunde gelegt werden, daß die Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit von der Y-Koordinate durch die Formel

$$w = \frac{w_0}{1 + by^2} \qquad (1)$$

gegeben sei. Bildet die Richtung des Schallstrahls mit der X-Achse den Winkel α, so ist

1) J. Rieth, Untersuchungen über Lamellentöne, Diss. Gießen. 1917.

der Einfluß der Luftströmung auf die Fortpflanzung des Schalles durch $-w \cdot \cos \alpha$ bestimmt. Ist v_0 die Schallgeschwindigkeit in ruhender Luft, und breitet sich der Schall der Luftströmung entgegen aus, so ist seine Geschwindigkeit

$$v = v_0 - \frac{w_0 \cdot \cos \alpha}{1 + by^2}. \qquad (2)$$

Sind dx und dy die Komponenten eines Bahnelements der Kurve, die der Schallstrahl beschreibt, so ist $\operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx}$, und man kann Formel (2) in der Form schreiben:

$$v = v_0 - \frac{w_0}{(1 + by^2)\sqrt{1 + (dy/dx)^2}}. \qquad (3)$$

Andererseits ergibt das Brechungsgesetz die Bedingung, daß längs eines Schallstrahls

$$\frac{v}{\cos \alpha} = \text{const} = a \qquad (4)$$

sein muß[1]). Die Konstante a soll dadurch gegeben sein, daß für $y = 0$, $\alpha = \alpha_0$ sein soll, d. h. der Strahl soll die Abszissenachse unter dem Winkel α_0 schneiden. Denkt man sich die Schallquelle in der Abszissenachse gelegen, so würde α_0 der Parameter sein, der die verschiedenen von der Schallquelle ausgehenden Schallstrahlen charakterisiert. Auf Grund dieser Festsetzung der Konstanten kann man (4) in der Form schreiben:

$$v = \left(\frac{v_0}{\cos \alpha_0} - w_0\right) \frac{1}{\sqrt{1 + (dy/dx)^2}}. \qquad (5)$$

Dann folgt aus (3) und (5) als Gleichung des Schallstrahls:

$$dx = \frac{dy}{\sqrt{\left[\frac{1}{\cos \alpha_0} - \frac{w_0}{v_0} + \frac{w_0}{v_0(1 + by^2)}\right]^2 - 1}} \qquad (6)$$

Die Lösung dieser Gleichung führt auf eine Summe von zwei elliptischen Integralen, wie sich aus folgenden Umrechnungen ergibt. Es kann zunächst die Gleichung (6) auf die Form gebracht werden:

$$dx = \operatorname{ctg} \alpha_0 \cdot \frac{(1 + by^2)\, dy}{\sqrt{(1 + fby^2)(1 - gby^2)}}, \qquad (7)$$

wobei die Konstanten f und g zur Abkürzung für folgende Ausdrücke geschrieben sind:

$$\left.\begin{aligned} f &= \frac{(v_0 - w_0)\cos \alpha_0 + v_0}{(1 + \cos \alpha_0) \cdot v_0} \\ g &= \frac{(v_0 + w_0)\cos \alpha_0 - v_0}{(1 - \cos \alpha_0) \cdot v_0} \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

[1]) Ich verweise auf P. Behrens, Über Refraktion von Schallstrahlen in der Atmosphäre. Diss. Rostock. 1905.

Das Integral der Gleichung (7) läßt sich in eine Summe von zwei Integralen zerlegen:

$$x = \operatorname{ctg} \alpha_0 \frac{f - 1}{f} \int_0^y \frac{dy}{\sqrt{(1 + fby^2)(1 - gby^2)}} + \\ + \operatorname{ctg} \alpha_0 \frac{1}{f} \int_0^y \frac{\sqrt{1 + fby^2}}{\sqrt{1 - gby^2}}\, dy. \qquad (9)$$

Setzt man nun

$$\sqrt{gb} \cdot y = \cos \varphi, \qquad (10)$$

so geht (9) in die Form über:

$$x = -\operatorname{ctg} \alpha_0 \frac{f - 1}{f\sqrt{gb}} \int_{\frac{\pi}{2}}^{\varphi} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 + \frac{f}{g}\cos^2 \varphi}} - \\ - \operatorname{ctg} \alpha_0 \frac{1}{f\sqrt{gb}} \int_{\frac{\pi}{2}}^{\varphi} \sqrt{1 + \frac{f}{g}\cos^2 \varphi} \cdot d\varphi, \qquad (11)$$

die sich nunmehr leicht in die Normalform der elliptischen Integrale überführen läßt:

$$x = \operatorname{ctg} \alpha_0 \frac{f - 1}{f\sqrt{b(f + g)}} \int_{\varphi}^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}} + \\ \operatorname{ctg} \alpha_0 \frac{\sqrt{f + g}}{f \cdot g\sqrt{b}} \int_{\varphi}^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}\, d\varphi. \qquad (12)$$

Darin ist:

$$k^2 = \frac{f}{f + g} \qquad (13)$$

gesetzt. In der üblichen Bezeichnungsweise der elliptischen Integrale erster und zweiter Gattung durch die Funktionszeichen F und E läßt sich also die Gleichung des Schallstrahles in der Form schreiben:

$$x = A\left[F\left(k, \frac{\pi}{2}\right) - F(k, \varphi)\right] + \\ + B\left[E\left(k, \frac{\pi}{2}\right) - E(k, \varphi)\right]. \qquad (14)$$

Die Konstanten A, B und k^2 haben nach (8), (12) und (13) folgende Werte:

$$A = -\sqrt{\frac{w_0}{2b\, v_0}} \frac{\cos \alpha_0}{\frac{v_0 - w_0}{v_0} \cos \alpha_0 + 1},$$

$$B = \sqrt{\frac{w_0}{2b\,v_0\left(\frac{v_0 - w_0}{v_0}\cos\alpha_0 + 1\right)\left(\frac{v_0 + w_0}{v_0}\cos\alpha_0 - 1\right)}}\cdot\frac{2\cos^2\alpha_0}{\cdot},$$

$$k^2 = \left(\frac{v_0 - w_0}{v_0}\cos\alpha_0 + 1\right)\frac{v_0}{w_0}\cdot\frac{(1-\cos\alpha_0)}{2\cos^2\alpha_0}\,. \tag{15}$$

Aus der letzten Gleichung ergibt sich sofort, daß $k^2 = 0$ ist für $\alpha_0 = 0$, und ferner durch einfache Rechnung, daß $k^2 = 1$ ist für

$$\cos\,\bar{\alpha}_0 = \frac{v_0}{v_0 + w_0}\,. \tag{16}$$

Zwischen 0 und diesem Grenzwert $\bar{\alpha}_0$ liegen diejenigen Strahlrichtungen, für die ein Zurückbiegen des Strahles nach der Abszissenachse stattfindet. Alle Strahlen, die von der Abszissenachse unter Winkeln $\alpha_0 > \bar{\alpha}_0$ ausgehen, verlaufen unmittelbar, ohne Periodizität, in die Unendlichkeit. Es ist bemerkenswert, daß der Grenzwinkel $\bar{\alpha}$, nur von w_0/v_0 abhängt, aber nicht von b, also nicht von der Art, wie die Strömungsgeschwindigkeit von der Achse aus nach außen hin abnimmt. Für den Strahl, der unter dem Grenzwinkel $\bar{\alpha}_0$ von der Abszissenachse ausgeht, führt Gleichung (6) mittels (16) zu der Differentialgleichung:

$$dx = \frac{v_0}{\sqrt{w_0(2v_0 + w_0)}}\cdot\frac{(1 + by^2)\,dy}{\sqrt{1 + \frac{2v_0}{2v_0 + w_0}\,by^2}} \tag{17}$$

deren Integral lautet:

$$x = \sqrt{\frac{v_0}{2bw_0}}\,\frac{2v_0 - w_0}{8v_0}\ln\frac{\sqrt{cy} + \sqrt{1 + cy^2}}{\sqrt{cy} - \sqrt{1 + cy^2}} + \\ + \frac{1}{4}\sqrt{\frac{2v_0 + w_0}{w_0}}\,y\sqrt{1 + cy^2}, \tag{18}$$

wenn mit c der Faktor $\frac{2v_0 b}{2v_0 + w_0}$ bezeichnet wird. Alle Strahlen, die unter einem Winkel $\alpha_0 < \bar{\alpha}_0$ von einem Punkte der Abszissenachse ausgehen, verlaufen im Bogen zur Abszissenachse zurück. Die Ordinate y_m des Scheitelpunktes ihrer Bahn folgt unmittelbar aus Gleichung (6) durch die Bedingung: $dy/dx = 0$:

$$y_m = \sin\frac{\alpha_0}{2}\sqrt{\frac{2v_0}{b[(v_0 + w_0)\cos\alpha_0 - v_0]}}\,. \tag{19}$$

Die zugehörige Abszisse x_m ergibt sich aus (12) oder (14), wenn man beachtet, daß nach (10) y seinen größten Wert erreicht für $\varphi = 0$. Also ist:

$$x_m = A\cdot F\left(k, \frac{\pi}{2}\right) + B\cdot E\left(k, \frac{\pi}{2}\right). \tag{20}$$

Dann ist $2x_m$ der Abstand des Punktes, in dem der Strahl die Abszissenachse wieder trifft, von seinem Ausgangspunkte. Zur Charakterisierung des Strahlenverlaufs genügt es, die Werte von x_m und y_m anzugeben.

An der Bildung des Wertes von x bzw. x_m sind die beiden Summanden der Gleichung (14) bzw. (20) mit sehr verschiedenen Beträgen beteiligt. Im allgemeinen ist für die in Betracht kommenden Probleme die Strömungsgeschwindigkeit w_0 der Luft klein gegen die Schallgeschwindigkeit v_0. Dann ist A klein und zeigt innerhalb des Bereichs der Zurückkrümmung der Schallstrahlen nur wenig Änderung. Es ist nämlich

$$\text{für } \alpha_0 = 0 \quad A = -\sqrt{\frac{w_0}{2bv_0}}\cdot\frac{1}{2 - w_0/v_0}$$

$$\text{für } \alpha_0 = \bar{\alpha}_0 \quad A = -\sqrt{\frac{w_0}{2bv_0}}\cdot\frac{1}{2}\,.$$

Allerdings variiert das erste elliptische Integral, mit dem A multipliziert ist, innerhalb desselben Bereichs von 0 bis ∞. Aber erst in der nächsten Nähe der Grenzkurve und nur in der Nachbarschaft des Scheitelpunktes der Kurve kommt dieses Anwachsen von $F(k, \varphi)$ gegenüber der Kleinheit von A so in Betracht, daß es dem ersten Summanden erhebliche Beträge erteilt. Der Faktor B dagegen ist von Anfang an groß; denn er ist für $\alpha_0 = 0$

$$B = \sqrt{\frac{w_0}{2bv_0}}\cdot\frac{2v_0}{w_0(2 - w_0/v_0)} = -A\cdot\frac{2v_0}{w_0}$$

und er steigt für $\alpha_0 = \bar{\alpha}_0$ bis ∞. Das zweite elliptische Integral hat zwar nur Werte, die zwischen 0 und 1,5708 liegen. Aber die Größe von B bewirkt, daß der Wert von x bzw. x_m in der Hauptsache durch den zweiten Summanden bestimmt wird.

Für $\alpha_0 = 0$ hat x_m seinen kleinsten Wert:

$$x_m = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{v_0}{2bw_0}}\,. \tag{21}$$

Um von dem Verlauf dieser krummlinigen Strahlenbrechung eine Anschauung zu geben, will ich die Ergebnisse der Rechnung für einen bestimmten Fall mitteilen. Ich will die Schallgeschwindigkeit in der ruhenden Luft zu 340 m/sec annehmen, und die Windgeschwindigkeit in der Achse der Lamelle w_0 zu 5,5 m/sec. Dann ist $\bar{\alpha}_0 = 10^0{,}2$. Ferner soll im ungefähren Anschluß an die Messungen, die Herr Dr. Rieth in seiner Dissertation mitgeteilt hat, der Abfall der Strömungsgeschwindigkeit von der Achse der Lamelle aus nach der Seite so groß angenommen werden, daß in 1 mm Abstand von der Achse die Windgeschwindigkeit nur noch 1 m/sec beträgt. Dann ist in Gleichung (1) $b = 4{,}5$ [1/mm²] zu setzen. Der Abfall der

α_0 °	A	B	k^2	$F\left(k, \frac{\pi}{2}\right)$	$E\left(k, \frac{\pi}{2}\right)$	x_m mm	y_m mm
0	0,02137	2,6422	0,0000	1,5708	1,5708	4,117	0,000
1	0,02137	2,6674	0,0093	1,5747	1,5669	4,146	0,046
2	0,02136	2,7426	0,0374	1,5863	1,5555	4,232	0,093
3	0,02135	2,8877	0,0842	1,6063	1,5366	4,403	0,144
4	0,02134	3,1084	0,1499	1,6361	1,5095	4,657	0,199
5	0,02133	3,4548	0,2347	1,6783	1,4738	5,056	0,263
6	0,02131	3,9989	0,3387	1,7379	1,4277	5,672	0,339
7	0,02129	4,0141	0,4517	1,8168	1,3741	6,714	0,439
8	0,02126	6,7063	0,6056	1,9574	1,2952	8,644	0,586
9	0,02124	11,4182	0,7692	2,1956	1,1990	13,644	0,863
10	0,02121	56,6712	0,9533	2,9625	1,0581	59,902	2,126

Geschwindigkeit ist dann durch folgende Zahlen charakterisiert:

$y =$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5 mm
$w =$	5,5	5,26	4,66	3,92	3,20	2,47 m/sec
$y =$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0 mm	
$w =$	2,02	1,69	1,42	1,18	1,00 m/sec.	

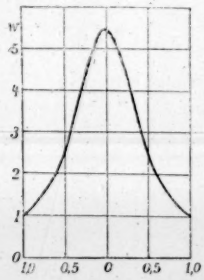

Fig. 1.

Fig. 1 gibt eine graphische Darstellung dieses Verlaufs. Ich habe für die Werte $\alpha_0 = 0^0$, 1^0, 2^0 usw. bis 10^0 nach (15) die Größen A, B und k^2 berechnet, zu k^2 aus den Funktionentafeln von Jahnke und Emde[1]) die Werte von $F\left(k, \frac{\pi}{2}\right)$ und $E\left(k, \frac{\pi}{2}\right)$ entnommen und damit nach (20) x_m, außerdem nach (19) y_m berechnet. Die Ergebnisse dieser Rechnungen sind in der obigen Tabelle zusammengestellt.

Die beiden letzten Spalten dieser Tabelle enthalten die Werte der Abszisse und der Ordinate des Scheitelpunktes der Bahnkurve. Der unter dem Winkel α_0 von einem Punkte der Abszissenachse ausgehende Strahl schneidet die Abszissenachse wieder im Abstande $2\,x_m$ von seinem Ausgangspunkte. Man ersieht aus der vorletzten Spalte, daß die x_m-Werte anfangs mit wachsendem α_0 nur sehr langsam zunehmen. Dieser Verlauf der x_m-Werte ist in Fig. 2 graphisch dargestellt; als Abszissen sind die Werte von α_0, als Ordinaten die zugehörigen Werte

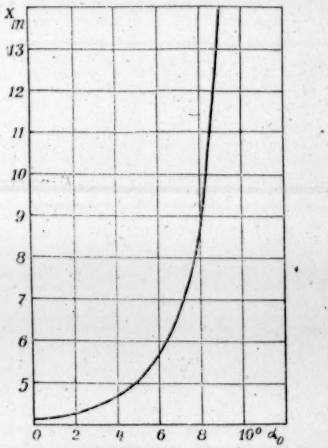

Fig. 2.

von x_m eingetragen. Befindet sich also eine Schallquelle auf der Abszissenachse, so kann man sagen, daß die innerhalb eines Winkelbereichs von etwa 8^0 — 4^0 beiderseits der Achse — von ihr ausgehende Schallenergie nahezu in einem zweiten Punkte der Achse, der ungefähr 8 mm vom Ausgangspunkt entfernt ist, wieder vereinigt wird, genauer in dem Raume zwischen 8,2 und 9,3 mm Abstand von dem Ausgangspunkt, und dasselbe würde sich wiederholen im doppelten, dreifachen Abstande usw., wobei allerdings mit fortschreitender Wiederholung der Vereinigungsraum immer breiter und verwaschener wird. Der Querschnitt dieses auseinander- und dann wieder zusammengehenden Strahlen-

[1]) E. Jahnke und F. Emde, Funktionentafeln mit Formeln und Kurven. Leipzig, B. G. Teubner, 1909.

bündels würde an seiner breitesten Stelle allerdings nur 0,4 mm betragen, wenn man sich auf die Strahlen innerhalb 4^0 beiderseits der Achse beschränkt.

Diese Angaben über Lage und Höhe des Scheitelpunktes mögen zur Charakterisierung der Bahnen genügen. Ihren Verlauf im einzelnen zu berechnen, hat kein Interesse. Ob es denkbar wäre, daß die Ergebnisse dieser Rechnungen für die Erklärung der Besonderheiten der Schneidentöne in Betracht kommen könnten, soll an anderem Ort erörtert werden.

Gießen, November 1918.

(Eingegangen 31. Januar 1919.)

Schallgeber und Schallempfänger. II.

Von W. Hahnemann und H. Hecht.

Der elektro-mechanische Transformator als Schallempfänger.

Im ersten Teil unserer Arbeit haben wir[1]) einen elektro-magnetischen Schallgeber, wie er beispielsweise in einem gewöhnlichen Telephon vorliegt, als elektro-mechanischen Transformator behandelt und eine Theorie seiner Wirkungsweise gegeben. Wir haben auf Grund der aufgestellten Diagramme Beziehungen zwischen seinem Wirkungsgrad, Dämpfung und Verlustwinkel abgeleitet und gefunden, daß diese drei Größen das Verhalten des Schallgebers in weitgehendem Maße bestimmen. Im folgenden soll die Theorie für seine Anwendung als Empfänger gegeben werden. Es wird sich im Laufe der Untersuchung zeigen, daß die gleichen Größen für ihn auch als Empfänger von ausschlaggebender Bedeutung sind.

1. Das Diagramm.

Wir denken uns im folgenden den elektromechanischen Transformator, dem wir als Geber durch eine Spule elektrische Energie zuführten und von dessen schwingendem Anker wir unter Vermittlung einer Membran mechanisch-akustische Energie ausstrahlen ließen, nach Entfernung der erregenden Maschine in ein Schallfeld gebracht; alsdann werden beide, Membran und Anker, in Schwingungen versetzt werden, deren Energie wir einem Nutzwiderstande, der im besonderen ein Hörtelephon sein kann, zuführen wollen.

Wir machen bei der Betrachtung des elektromechanischen Transformators als Empfänger von demselben Gedankenexperiment wie beim Geber Gebrauch und denken uns den Anker nicht mehr schwingend und mit mechanisch-akustischer Energie gespeist, sondern festgehalten und von einer Spule umschlossen, der elektrische Energie zugeführt wird. Das für den Geber gültige Schema erfährt insofern eine Änderung, als die antreibende Energiequelle statt im Spulenkreis 1 im Spulenkreis 2 liegt, und an ihre Stelle im Spulenkreis 1 die Abbremswiderstände treten. Auf diese Weise erhalten wir das Schema der Fig. 1, in der, wie

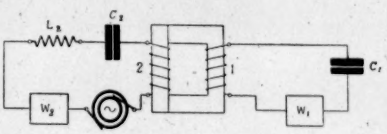

Fig. 1.

früher beim Geber, der elektro-magnetische Arbeitsvorgang im Spulenkreis 2 an die Stelle des mechanisch-akustischen Arbeitsvorganges der Ankerbewegung getreten ist, und insbesondere, wie wir früher bereits gesehen haben, L_2, C_2 und w_2 Äquivalente der Membranelastizität, der Schwingungsmasse und des mechanischen Reibungs- und akustischen Strahlungswiderstandes sind. Die Spule 1 gibt in den äußeren Schließungskreis, der beispielsweise aus Widerstand w_1 und Kapazität C_1 bestehen möge, elektrische Energie ab. Wir betrachten von vornherein den allgemeineren Fall, in dem der Empfänger nicht durch Ohmschen Widerstand allein, sondern auch durch einen Kondensator geschlossen ist, da sich später zeigen wird, daß es in den häufigsten Fällen der Praxis nur so gelingt, nennenswerte Energie dem Schallfelde zu entziehen[1]).

Nehmen wir, um das Diagramm möglichst einfach und übersichtlich zu gestalten wie schon beim Geber an, daß die beiden Spulen 1 und 2 keine Streuung, d. h. eine magnetische Kopplung von 100 Proz. besitzen, und vernachlässigen den Ohmschen Spannungsabfall in den Spulen, so stellt Fig. 2 das Diagramm des durch Ohmschen Widerstand und Kapazität geschlossenen Empfängers dar.

Ist OF Richtung und Größe von i_2, das unter entsprechender Übersetzung aus dem Elektrischen ins Mechanische der mechanischen

1) W. Hahnemann und H. Hecht, Schallgeber und Schallempfänger I, diese Zeitschr. **20**, 104 ff., 1919; im folgenden mit l. c. bezeichnet.

1) Bei Verwendung von Selbstinduktion im äußeren Schließungskreise würde sich der Effekt gegenüber Anwendung von rein Ohmschem Widerstand noch verschlechtern.

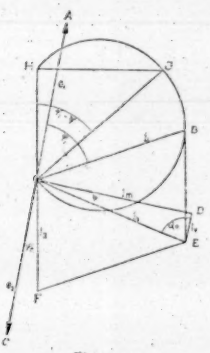

Fig. 2.

Amplitude entsprechen soll, so ist der geometrische Ort für den Endpunkt aller i_1 der im Diagramm ausgezogene Abschnitt eines Kreises, den man um den Mittelpunkt der Strecke OI schlägt. Diese Strecke OI findet man, indem man $OH = i_2$ macht und in H eine Senkrechte errichtet, die den freien Schenkel des an OH angelegten Winkels $\varphi_1 - \psi$[1]) in I schneidet. Richtung und Größe von i_1 sind dann noch abhängig von φ_2. Man findet sie, indem man zu der Geraden FOH unter dem Winkel φ_2 die Gerade COA durch den Nullpunkt O legt und an OA den Winkel φ_1 anträgt, dessen freier Schenkel den Kreis in B trifft. Richtung von e_2 und e_1 sind durch OC und OA gegeben. Zieht man durch F eine Parallele zu OB und durch B eine Parallele zu OF, so stellt $OBEF$ das Stromparallelogramm dar. Errichtet man auf COA in O eine Senkrechte und fällt von E das Lot ED, so ist OED das Verlustdreieck mit dem Winkel $EOD = \psi = R - \varphi_0$.

Die Richtigkeit der eben geschilderten Konstruktion ergibt sich folgendermaßen: Aus dem Stromdreieck OEF mit den Winkeln

$$EOF = \varphi_0 - \varphi_2 \text{ und } OEF = 2R - (\varphi_0 + \varphi_1)$$

folgt die Beziehung

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{\sin(\varphi_0 - \varphi_2)}{\sin(\varphi_0 + \varphi_1)}.$$

Dieselbe Gleichung können wir auch aus der Konstruktion des Kreisdiagramms herleiten und damit seine Richtigkeit nachweisen. Es ist nämlich Winkel $IOH = \varphi_1 - \psi$ und Winkel $BOI = \varphi_2 + \psi$ und, da Dreieck OIB ein rechtwinkliges, so ist

$$\cos(\varphi_1 - \psi) = \frac{i_2}{OI} \text{ und } \cos(\varphi_2 + \psi) = \frac{i_1}{OI}.$$

Nach Einführung des Winkels φ_0 erhalten wir durch Division dieselbe Beziehung wie oben. Im Falle der rein Ohmschen Belastung, in der $\varphi_1 = 0$ ist, würde OI unter dem Winkel ψ, im Falle von gleichzeitiger Belastung mit Selbstinduktion unter dem Winkel $\psi + \varphi_1$ links von OH liegen. Der geometrische Ort für den Endpunkt aller i_1, die möglich sind, ist der Kreisbogen rechts von OH. Dieser Abschnitt wird aber beim Übergang von einer Belastung mit Kapazität zu solcher mit Selbstinduktion immer kleiner und läßt schon hieraus die Nachteile der Belastung mit nacheilendem Strom erkennen.

Hält man in Fig. 2 nicht den Winkel φ_1 sondern den Winkel φ_2 konstant, so ist der geometrische Ort für den Endpunkt aller i_1 eine Gerade, die durch den Punkt H unter dem Winkel $\varphi_0 - \varphi_2$ gegen OH nach rechts verläuft. In besonderen Fällen kann dies Diagramm nützlicher sein als das Kreisdiagramm.

Das Kreisdiagramm der Fig. 2 gilt für ein konstantes i_2 und für einen festen, unveränderlichen Winkel φ_1 im Schließungskreise des Empfängers und für veränderliche φ_2 oder i_1, d. h. verschiedene Belastungen. Der Endpunkt des veränderlichen i_1 kann dabei alle Punkte des Kreisbogens OBH durchlaufen, insbesondere stellen die beiden Grenzfälle die Fälle des offenen und kurz geschlossenen Empfängers dar. Fällt B nach O, so wird $i_1 = 0$ und die Spannung liegt, da jetzt i_0 mit i_2 identisch ist, unter dem Winkel $R - \psi = \varphi_0$ voreilend zu i_2. Das sich hieraus ergebende Leerlaufdiagramm gleicht vollständig demjenigen des Senders. Die abgenommene Leistung ist Null, da der Strom Null ist.

Im Grenzfall des Kurzschlusses fällt B mit H zusammen. Die Richtung von i_0 nähert sich bei allmählichem Eintritt in den Kurzschluß derjenigen der Tangente im Punkte H, um im Grenzfall, in dem $i_0 = 0$ wird, mit dieser zusammen zu fallen. Da der Sehnentangentenwinkel $R - \psi + \varphi_1$ ist, und da die Spannung dem Strom i_0 immer um den Winkel $R - \psi$ vorauseilt, so eilt im Falle des Kurzschlusses die Spannung e_2 dem Strom i_2 um den Winkel φ_1 nach. Auch in diesem Grenzfall ist die abgenommene Leistung Null, da i_2 und damit das Feld und die Spannung Null geworden sind.

Zwischen diesen beiden Grenzfällen, in denen

1) Der Winkel φ_1 ist in Wirklichkeit, da Stromvoreilung herrscht, negativ. Für das Diagramm ist die Drehrichtung im Sinne des Uhrzeigers angenommen. Die aus der Fig. 2 abgeleiteten Formeln gelten mit positiven φ_1-Werten für Kapazitäts-, mit negativen für Selbstinduktions-Belastung.

keine Energie nutzbar gemacht wird, liegt das Optimum, das wir aufsuchen wollen; denn abgesehen von gelegentlichen Sonderfällen, wird wohl weitaus am häufigsten in der Praxis die wichtigste Frage sein: wie soll man den Empfänger schließen, um von einem gegebenen Schallfelde das Maximum an Energie in einem Nutzwiderstande absorbieren zu können?

2. Dämpfung und Nutzleistung.

Betrachten wir die Dämpfung des Empfängers, so finden wir, daß dieselbe stets größer sein muß, als seine Senderdämpfung, da die letztere nur durch die von der Ankeramplitude abhängige mechanisch-akustische Leistung bedingt ist, während beim Empfänger zu dieser Leistung noch die Eisenverluste[1]) und die Nutzleistung hinzutreten. Beim Sender existiert das Senderkraftfeld[2]) auch bei ruhendem Anker, und die Eisenverluste treten unabhängig von der Ankerbewegung auf, beeinflussen daher die Dämpfung nicht, sondern machen sich nur beim Wirkungsgrad geltend. Anders liegen die Verhältnisse beim Empfänger. Bei diesem entsteht das Kraftfeld erst durch die Ankerbewegung, und damit werden Verluste und Nutzleistung von der Ankerbewegung abhängig und gehen in die Dämpfung ein.

Nennen wir die mechanische oder Senderdämpfung $\mathfrak{d}_s$ und die Empfängerdämpfung $\mathfrak{d}_e$ und die Anteile, die Verluste und Nutzleistung hieran haben, $\mathfrak{d}_v$ und $\mathfrak{d}_n$, so ist

$$\mathfrak{d}_e = \mathfrak{d}_s + \mathfrak{d}_v + \mathfrak{d}_n.$$

Die den Dämpfungen entsprechenden Leistungen nennen wir

$$W_s,\ W_v \text{ und } W_n.$$

Da sich die Dämpfungsanteile wie die entsprechenden Leistungen verhalten, so ist die Nutzleistung, die wir zu einem Maximum machen wollen,

$$W_n = \frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s} \cdot W_s.$$

Bezeichnet i_{20} die Amplitude des mit Gleichstrom noch nicht erregten und offenen Empfängers, i_2 diejenige des erregten und geschlossenen Empfängers, so besteht zwischen der mechanischen Leistung des offenen und geschlossenen Empfängers die Beziehung

$$W_{s0} = \left(\frac{i_{20}}{i_2}\right)^2 \cdot W_s.$$

Befindet sich der Empfänger in einem konstanten Schallfelde, d. h. ist er mit konstanter Kraft erregt, so ist

$$\frac{i_{20}}{i_2} = \frac{\mathfrak{d}_s + \mathfrak{d}_v + \mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s}.$$

Hieraus finden wir

$$W_n = \frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s} \cdot \left(\frac{\mathfrak{d}_s}{\mathfrak{d}_s + \mathfrak{d}_v + \mathfrak{d}_n}\right)^2 W_{s0}$$

oder auch

$$W_n = \frac{\frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s}}{\left(1 + \frac{\mathfrak{d}_n + \mathfrak{d}_v}{\mathfrak{d}_s}\right)^2} W_{s0}.$$

Solange $\frac{\mathfrak{d}_n + \mathfrak{d}_v}{\mathfrak{d}_s}$ klein gegen 1 ist, stellt

$$W_n = \frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s} W_{s0}$$

mit genügender Genauigkeit die Nutzleistung dar. Wir wollen zunächst diesen einfacheren Fall betrachten und uns später dem allgemeineren zuwenden.

Unter der soeben gemachten Voraussetzung ist die Nutzleistung dem Werte $\frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s}$ proportional, und die Aufgabe, möglichst viel Nutzleistung zu entziehen, ist identisch mit der Aufgabe $\frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s} = \frac{W_n}{W_s}$, d. h. die Nutzdämpfung zu einem Maximum zu machen. Wir wollen daher zunächst die Werte für W_n und W_s an Hand des Empfänger- und Sender-Diagramms berechnen.

Die Nutzleistung ist $W_n = e_1 i_1 \cos \varphi_1$.

In den Ausdruck für

$$e_1 = i_m \omega L_0{}^1) = i_0 \sin \varphi_0 \omega L_0$$

führen wir den aus dem Stromdreieck des Diagramms, Fig. 2 sich ergebenden Wert für

$$i_0 = i_1 \frac{\sin(\varphi_1 + \varphi_2)}{\sin(\varphi_0 + \varphi_1)}$$

ein und erhalten unter Berücksichtigung der früher abgeleiteten Beziehung zwischen i_1 und i_2 den Wert für

$$W_n = \frac{\sin(\varphi_1+\varphi_2) \cdot \sin(\varphi_0 - \varphi_2) \sin \varphi_0 \cos \varphi_1}{\sin^2(\varphi_0 + \varphi_1)} \omega L_0 i_2^2.$$

1) Da wir bei Aufstellung des Diagramms den Ohmschen Spannungsabfall in den Spulen zu Null angenommen haben, müssen wir dies jetzt konsequenterweise auch für die Spulenverluste tun. Sind dieselben nur gering, so ändert sich das Diagramm nicht wesentlich; ihrem Einfluß auf die Dämpfung können wir aber trotzdem dadurch Rechnung tragen, daß wir sie in Gedanken zunächst zur Nutzleistung schlagen und dann hinterher wieder abziehen.

2) Unter Kraftfeld schlechthin wird immer nur das Wechselfeld verstanden. Das konstante, durch Gleichstromerregung hervorgerufene Kraftfeld ist beim Empfänger gleich groß, wie beim Sender angenommen.

1) Feldspannung = Magnetisierungsstrom $\times 2\pi n \times$ Selbstinduktion.

Die mechanisch-akustische Leistung W_s für die Amplitude i_2 finden wir aus dem Senderdiagramm[1]) zu $W_s = e_{2s} i_2$ oder, da

$$e_{2s} = i_{ms}\,\omega L_0 = i_{vs}\,\mathrm{tg}\,\varphi_0\,\omega L_0$$

und

$$\frac{i_{vs}}{i_2} = \frac{1-\eta}{\eta}$$

ist,

$$W_s = \frac{1-\eta}{\eta}\,\mathrm{tg}\,\varphi_0\,\omega L_0 i_2^2.$$

Durch Division der beiden Ausdrücke für W_n und W_s erhalten wir

$$\frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s} = \frac{\eta}{1-\eta} \cdot \frac{\sin(\varphi_1+\varphi_2)\sin(\varphi_0-\varphi_2)\cos\varphi_0\cos\varphi_1}{\sin^2(\varphi_0+\varphi_1)}.$$

Wir müssen nun die Bedingungen aufsuchen, unter denen dieser Ausdruck ein Maximum wird. Er ist, wie auch nicht anders zu erwarten, sowohl von φ_1 wie φ_2 abhängig. Für ein konstantes φ_1 d. h. ein bestimmtes Kreisdiagramm und ein veränderliches φ_2 d. h. veränderliches i_1 finden wir durch Differentiation des Ausdruckes $\frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s}$ nach φ_2 die Bedingung

$$\varphi_2 = \frac{\varphi_0 - \varphi_1}{2}.$$

Wollen wir nun unter allen möglichen Kreisen denjenigen finden, der für dieses φ_2 das Maximum von $\frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s}$ liefert, so haben wir diesen Wert in den Ausdruck für $\frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s}$ einzusetzen und nach φ_1 zu differenzieren. Wir erhalten dann als zweite Bedingungsgleichung

$$\varphi_1 = \varphi_0,$$

die in Kombination mit der ersten die weitere Bedingung

$$\varphi_2 = 0^2)$$

liefert. Berechnen wir mit diesen Werten für φ_1 und φ_2 das Maximum von $\frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s}$, so finden wir

$$\left(\frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s}\right)_{\max} = \frac{1}{4}\,\frac{\eta}{1-\eta}.$$

Um uns davon zu überzeugen, wie weit in den einzelnen Fällen die gemachte Annahme $\frac{\mathfrak{d}_n + \mathfrak{d}_v}{\mathfrak{d}_s} \ll 1$ zutrifft, berechnen wir in ganz ähnlicher Weise die Verlustleistung und Verlustdämpfung und finden

$$W_v = \frac{\sin^2(\varphi_1+\varphi_2)\sin\varphi_0\cos\varphi_0}{\sin^2(\varphi_0+\varphi_1)}\,\omega L_0 i_2^2$$

und

$$\frac{\mathfrak{d}_v}{\mathfrak{d}_s} = \frac{\eta}{1-\eta}\,\frac{\sin^2(\varphi_1+\varphi_2)\cos^2\varphi_0}{\sin^2(\varphi_0+\varphi_1)},$$

woraus wir für die Bedingungen des maximalen $\frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s}$ den Wert finden

$$\frac{\mathfrak{d}_v}{\mathfrak{d}_s} = \frac{1}{4}\,\frac{\eta}{1-\eta}$$

und daher

$$\frac{\mathfrak{d}_n + \mathfrak{d}_v}{\mathfrak{d}_s} = \frac{1}{2}\,\frac{\eta}{1-\eta}.$$

Wenn der Empfänger nur durch Ohmschen Widerstand geschlossen wird, ist $\varphi_1 = 0$; es lautet dann die Bedingung des maximalen $\frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s}$ $\varphi_2 = \frac{1}{2}\varphi_0$, woraus der Wert

$$\left(\frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s}\right)_{\max} = \frac{\eta}{1-\eta}\,\frac{\cos\varphi_0}{2(1+\cos\varphi_0)}$$

und der diesem entsprechende Wert für

$$\frac{\mathfrak{d}_v}{\mathfrak{d}_s} = \frac{\eta}{1-\eta}\,\frac{\cos^2\varphi_0}{2(1+\cos\varphi_0)}$$

folgt. Hieraus ergibt sich als Gesamtbetrag:

$$\frac{\mathfrak{d}_n + \mathfrak{d}_v}{\mathfrak{d}_s} = \frac{1}{2}\,\frac{\eta}{1-\eta}\cos\varphi_0.$$

Wir sehen also, daß die Bedingungen der maximalen Nutzdämpfung identisch sind mit der Bedingung der maximalen Nutzleistung, solange bei kapazitiver Belastung $\frac{1}{2}\,\frac{\eta}{1-\eta}$ und bei rein Ohmscher Belastung $\frac{1}{2}\,\frac{\eta}{1-\eta}\cos\varphi_0$ klein gegen 1 ist. Im allgemeinen werden diese Beträge wohl nur gering sein, besonders gering im Falle der rein Ohmschen Belastung. Dies ist auch der Grund, weshalb wir von vornherein die kapazitiv Ohmsche Belastung gewählt haben, da sie größere Leistungen dem Empfänger zu entziehen gestattet. Die Kleinheit des Betrages an möglicher Energieentziehung aus dem Schallfelde durch den Empfänger bei Ohmscher Belastung beruht darauf, daß ähnlich wie bei gewöhnlichen Wechselstrommaschinen[1]) der entstehende Strom das durch die Ankerbewegung hervorgerufene Feld aufzuheben sucht. Dieser entmagnetisierenden Wir-

1) l. c., Figur 6.

2) Dies ist, wie wir später sehen werden, die Bedingung für eine Abstimmungsfrequenz des Empfängers, die der mechanischen oder Sender-Resonanz entspricht.

1) Der Empfänger ist gewissermaßen eine Wechselstrommaschine, in der die Rotation des Ankers durch eine einfache Schwingung ersetzt ist.

kung des Stromes kann man entgegenarbeiten, wenn man dem Strom i_1 eine Phasenvoreilung vor e_1 gibt, d. h. den Empfänger anstatt nur durch Ohmschen Widerstand auch durch eine geeignete Kapazität schließt.

Der Widerstand des Schließungskreises 1 ist

$$\frac{e_1}{i_1} = \frac{\sin\varphi_0 \sin(\varphi_1+\varphi_2)}{\sin(\varphi_0-\varphi_2)}\,\omega L_0$$

oder im Falle größter Nutzdämpfung

$$w = \sin\varphi_0\,\omega_R L_0\,^{1}),$$

wovon $\omega_R L_0 \sin\varphi_0 \cos\varphi_0$ Ohmscher Widerstand und $\omega_R L_0 \sin^2\varphi_0$ kapazitiver Widerstand sind. L_0 ist die wahre Selbstinduktion des Apparats und wird gelegentlich der Aufnahme der Senderresonanzkurve durch Messungen bei ruhendem Anker — oder elektrisch gesprochen — bei offenem Transformator gefunden.

Im Falle der Belastung durch Ohmschen Widerstand allein ist

$$\frac{e_1}{i_1} = \frac{\sin\varphi_0 \sin\varphi_2}{\sin(\varphi_0-\varphi_2)}\,\omega L_0$$

oder für die größte Nutzdämpfung ebenfalls

$$w = \sin\varphi_0\,\omega_R L_0\,^{2}).$$

Die Dämpfungserhöhungen, die bei Schliessung des Empfängers durch diese Widerstände eintreten müssen, betragen bei kapazitiver bzw. rein Ohmscher Belastung, wenn wir mit

$$\frac{\eta\,\mathfrak{d}_s}{1-\eta} = K$$

die bei Untersuchung des Senders aufgetretene Apparatkonstante K wieder einführen,

$$\frac{K}{2} \quad \text{bzw.} \quad \frac{K}{2}\cos\varphi_0\,.$$

Diese Dämpfungserhöhungen sind einer einfachen experimentellen Messung zugänglich und gestatten die theoretisch abgeleiteten Resultate zu bestätigen[3]).

Mit der Bedingung größter Nutzdämpfung ist, wie wir sahen, die Erreichung größter Nutzleistung identisch, solange

$$\frac{1}{2}\,\frac{\eta}{1-\eta} \quad \text{bzw.} \quad \frac{1}{2}\,\frac{\eta}{1-\eta}\cos\varphi_0$$

klein gegen 1 ist. Dies wird — wir können wohl sagen leider — in den meisten Fällen der Praxis zutreffen. Benutzt man aber Empfänger mit Apparatekonstanten, wie sie unseren Angaben zugrunde liegen, in Medien sehr kleiner Dämpfung, d. h. bei großen Wirkungsgraden oder gelingt es, bessere Apparate d. h. solche mit größeren Konstanten K zu bauen, so müßten wir, um die größte Nutzleistung zu erhalten, den Wert

$$\frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s\left(1+\dfrac{\mathfrak{d}_n+\mathfrak{d}_v}{\mathfrak{d}_s}\right)^2}$$

zu einem Maximum werden lassen[1]). Die analytische Behandlung dieser Aufgabe führt zu sehr unübersichtlichen Ausdrücken, welche nicht gestatten, die für die angewandte Akustik notwendigen Formeln und Resultate klar genug herausspringen zu lassen. Man wird daher besser in konkreten Fällen immer auf die diagrammatische und graphische Behandlung zurückgreifen und kann so die vorliegende Aufgabe mit jeder gewünschten Genauigkeit lösen.

Beschränken wir uns aber auf den Fall der mechanischen oder Sender-Resonanz, d. h. $\varphi_2 = 0$[2]), so liefert uns die Rechnung eine einfache Beziehung zwischen φ_1, η und φ_0, die besagt, wie man den Empfänger schließen muß, um stets das Maximum an Nutzleistung zu erhalten. Die Beschränkung ist praktisch nicht sehr groß, da wir ja unserer jetzigen Überlegung einen Empfänger zugrunde gelegt haben, der, sozusagen, zu viel abgebremst und dadurch schallhärter[3]) als das Medium werden kann. Einen solchen Empfänger kann man aber jederzeit leicht in den Zustand günstigsten Energieentzuges einstellen.

Drücken wir $\frac{\mathfrak{d}_v}{\mathfrak{d}_s}$ durch $\frac{\mathfrak{d}_n}{\mathfrak{d}_s}$ aus und setzen $\varphi_2 = 0$, so erhalten wir nach einfacher Rechnung für diesen besonderen Fall

$$W_n = \frac{\eta}{1-\eta}\,\frac{\dfrac{\sin 2\varphi_1}{2}\cdot\dfrac{\sin 2\varphi_0}{2}}{\left(\sin(\varphi_0+\varphi_1)+\dfrac{\eta}{1-\eta}\sin\varphi_1\cos\varphi_0\right)^2}\cdot W_{se}.$$

Differenzieren wir diesen Ausdruck nach φ_1 und setzen ihn gleich null, so erhalten wir zur

1) Die Widerstandsoptima sind experimentell festgestellt worden.

2) Die Widerstandsoptima sind experimentell festgestellt worden.

3) Für Apparate mit den Werten $K = 0{,}2$ und $\cos\varphi = 0{,}2$, wie wir sie in unserer ersten Arbeit erwähnt haben, beträgt die Dämpfungserhöhung für Ohmsche bzw. kapazitive Belastung 0,02 bzw. 0,1 und ist experimentell mit hinreichender Übereinstimmung nachweisbar gewesen.

1) Für konstante Verluste, d. h. konstantes $\mathfrak{d}_v$, liefert die Differentiation dieses Ausdruckes nach $\mathfrak{d}_n$ die bekannte Bedingung, daß $\mathfrak{d}_n = \mathfrak{d}_s + \mathfrak{d}_v$, d. h. Nutzdämpfung = Strahlungsdämpfung + Verlustdämpfung sein muß.

2) Siehe Kapitel 3.

3) Siehe W. Hahnemann und H. Hecht, Schallfelder und Schallantennen I, diese Zeitschr. 17, 603, 1916.

Bestimmung von φ_1 im Falle des Maximums der Nutzleistung die Bedingungsgleichung

$$\frac{1}{1-\eta}\operatorname{tg}^3\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_0 \operatorname{tg}^2\varphi_1 + \\ + \frac{1}{1-\eta}\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_0 = 0.$$

Diese Gleichung zerlegt sich wie folgt:

$$\left(\operatorname{tg}^2\varphi_1 + 1\right)\left(\frac{1}{1-\eta}\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_0\right) = 0$$

und hat eine reelle Wurzel

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = (1-\eta)\operatorname{tg}\varphi_0.$$

Hieraus ersehen wir nun, wie wir abhängig vom Wirkungsgrade den Empfänger schließen müssen, um im Falle der mechanischen oder Sender-Resonanz das Maximum der Nutzleistung zu erhalten. Die beiden Grenzfälle $\eta = 1$ und $\eta = 0$ ergeben $\varphi_1 = 0$ und $\varphi_1 = \varphi_0$ und besagen praktisch, daß wir bei Empfängern größter Wirkungsgrade mit rein Ohmscher Belastung auskommen, um die größtmögliche Nutzleistung zu erhalten, und daß wir bei kleiner werdenden Wirkungsgraden ihn kapazitiv schließen müssen, bis wir im Grenzfalle zu einer Phasenverschiebung von φ_0 Grad gelangen. Dies letztere Resultat entspricht dem früher erhaltenen, wonach bei geringen Dämpfungserhöhungen das Maximum der Nutzdämpfung und damit der Nutzleistung bei einem Phasenwinkel $\varphi_1 = \varphi_0$ eintrat.

Widerstand und Kapazität, durch die der Empfänger im vorliegenden Falle geschlossen werden muß, finden wir, indem man in die früher abgeleiteten Ausdrücke für $\frac{e_1}{i_1}\cos\varphi_1$ bzw. $\frac{e_1}{i_1}\sin\varphi_1$ die Werte $\varphi_2 = 0$ und den aus der obigen Maximumsbedingung sich ergebenden Wert von φ_1 einsetzt. Es wird dann

$$\frac{e_1}{i_1}\cos\varphi_1 = \sin\varphi_1\cos\varphi_1\,\omega_R L_0 = \\ = \frac{(1-\eta)\operatorname{tg}\varphi_0}{1+(1-\eta)^2\operatorname{tg}^2\varphi_0}\,\omega_R L_0$$

und

$$\frac{e_1}{i_1}\sin\varphi_1 = \sin^2\varphi_1\,\omega_R L_0 = \\ = \frac{(1-\eta)^2\operatorname{tg}^2\varphi_0}{1+(1-\eta)^2\operatorname{tg}^2\varphi_0}\,\omega_R L_0.$$

Für $\eta = 0$ gehen diese Ausdrücke in die früher erhaltenen über, die für maximale Nutzdämpfung bei an sich geringer Dämpfungserhöhung d. h. für kleine Wirkungsgrade abgeleitet waren.

3. Die Abstimmung.

Aus dem bei der Aufstellung des Diagramms Gesagten und aus der Betrachtung der Fig. 1 erkennt man, daß die Abstimmung des Empfängers von seinem Schließungszustande abhängig sein muß. Beim Übergang vom Sender zum Empfänger tritt, wie wir früher sahen, die erregende Maschine aus dem Kreis 1 in den Kreis 2, und wir haben es in der Hand, durch entsprechende Belastung den Kreis 1 transformatorisch in den Kreis 2 als Selbstinduktion, Kapazität, rein Ohmschen Widerstand oder eine Kombination dieser Größen einlaufen zu lassen, und damit seine Resonanzfrequenz zu verschieben. Die Empfänger- und Senderresonanz werden nur dann übereinstimmen, wenn beim Empfänger wie beim Sender an den Klemmen der Spule 2 keine Phasenverschiebung von Strom gegen Spannung herrscht, d. h. $\varphi_2 = 0$ ist. Dagegen wird die Empfängerresonanz tiefer sein, wenn wir eine zusätzliche Selbstinduktion, höher, wenn wir eine zusätzliche Kapazität haben.

Im allgemeinen werden sich die Quadrate von Empfängerresonanz ω_e und Senderresonanz ω_R umgekehrt verhalten wie die wattlos schwingenden Energien. Bezeichnen wir bei konstant bleibender Amplitude i_2 mit A_s die wattlos schwingende Energie im äußersten Schließungskreise 2, deren Wattleistung W_s war, und mit A_{v+n} die wattlos schwingende Energie an den Klemmen der Spule 2, deren Wattleistung $W_v + W_n$ war, so bestehen die Gleichungen

$$\frac{A_s}{\frac{1}{\omega_R}W_s} = \frac{\pi}{\mathfrak{d}_s}$$

und

$$\frac{A_{v+n}}{\frac{1}{\omega_R}(W_v + W_n)} = \operatorname{tg}\varphi_2.$$

Aus

$$\left(\frac{\omega_R}{\omega_e}\right)^2 = \frac{A_s + A_{v+n}}{A_s}$$

folgt

$$\left(\frac{\omega_R}{\omega_e}\right)^2 = 1 + \frac{\operatorname{tg}\varphi_2 \cdot \mathfrak{d}_s}{\pi}\cdot\frac{W_v + W_n}{W_s}$$

oder, wenn wir statt der Leistungen die entsprechenden Dämpfungen setzen, deren Werte früher berechnet sind,

$$\left(\frac{\omega_R}{\omega_e}\right)^2 = 1 + \frac{\operatorname{tg}\varphi_2}{\pi}(\mathfrak{d}_v + \mathfrak{d}_n).$$

Wie wir bei Ableitung des Diagramms gesehen haben, ändert sich bei Belastung mit einer Kapazität vom Phasenwinkel φ_1 der Winkel φ_2 vom kapazitiven Kurzschluß bis zur

vollen Öffnung des Transformators von $-\varphi_1$ bis $+\varphi_0$, woraus für den Fall der Ohmschen Belastung sich die Werte 0 und $+\varphi_0$ ergeben. Wir können nun leicht angeben, was dies für die Lage der Resonanz bedeutet.

Bei Ohmschem Kurzschluß haben wir, wie wir schon früher gesehen, wegen $\varphi_2 = 0$ den Fall der Senderresonanz, während für den Fall des offenen Empfängers $\varphi_2 = \varphi_0$, $\mathfrak{d}_u = 0$ und

$$\frac{\mathfrak{d}_v}{\mathfrak{d}_s} = \frac{\eta}{1-\eta}\cos^2\varphi_0$$

ist. Nennen wir die Frequenz des offenen Empfängers ω_0, so ist

$$\left(\frac{\omega_R}{\omega_0}\right)^2 = 1 + \frac{\eta\cdot\mathfrak{d}_s}{1-\eta}\cdot\frac{\cos\varphi_0}{\pi}$$

oder nach Einführung der Apparatekonstanten K und wenn $\frac{K\cos\varphi_0}{\pi}$ klein gegen 1 ist,

$$\frac{\omega_R}{\omega_0} = 1 + \frac{K\cos\varphi_0}{2\cdot\pi}\,^{1}).$$

Um den größten Einfluß kapazitiver Belastung auf die Resonanzlage des Empfängers zu finden, nehmen wir von vornherein für die Kapazität C_1 im Schließungskreise der Spule 1 die maximal mögliche Phasenverschiebung von $\varphi_1 = 90^0$ an. Es ist dann $\mathfrak{d}_u = 0$, und das Maximum von $\operatorname{tg}\varphi_2\cdot\mathfrak{d}_v$ tritt ein für den Wert $\varphi_2 = -45^0$ und liefert, wenn wir die entsprechende Frequenz ω_c nennen,

$$\left(\frac{\omega_R}{\omega_c}\right)^2 = 1 - \frac{\eta\,\mathfrak{d}_s}{1-\eta}\,\frac{1}{2\pi}$$

oder nach Einführung der Apparatekonstanten, und, wenn $\frac{K}{2\pi}$ klein gegen 1 ist,

$$\frac{\omega_R}{\omega_c} = 1 - \frac{K}{4\pi}\,^{2}).$$

Die Kapazität, durch die man die Spule 1 schließen muß, um diese Erhöhung der Resonanzlage zu erhalten, berechnet sich aus dem früher abgeleiteten Wert von $\frac{e_1}{i_1}\sin\varphi_1$, wenn man $\varphi_1 = 90^0$ und $\varphi_2 = -45^0$ setzt. Als Widerstand dieser Kapazität findet man daher

$$\frac{\sin\varphi_0}{\sin\varphi_0 + \cos\varphi_0}\,\omega L_0$$

oder, wenn man $\sin\varphi_0 = 1$ setzen darf,

$$\frac{\omega L_0}{1+\cos\varphi_0}.$$

Wir haben hier den theoretisch und experimentell sehr interessanten Fall vorliegen, daß wir durch rein elektrische Maßnahmen mechanisch-akustische Schwingungsgebilde in ihrer Abstimmung beeinflussen können. Der Effekt wird erzielt, indem leer oder wattlos schwingende elektrische Energien zu solchen mechanischer Art hinzugefügt werden. Daß umgekehrt das Auftreten mechanisch leerschwingender Energien in elektrischen Kreisen die elektrischen Schwingungsgrößen nennenswert beeinflussen kann, haben wir sehr deutlich an dem Verhalten des Senders gesehen, der unter Umständen aus einer elektrischen Selbstinduktion zu einem elektrischen Kondensator werden kann.

Zusammenfassung.

Im Vorstehenden ist gezeigt worden, daß ein elektro-mechanischer Transformator, wie er beispielsweise in einem gewöhnlichen Telephon vorliegt, in seiner Eigenschaft als Schallempfänger entsprechend der in einer früheren Abhandlung erfolgten Untersuchung als Schallgeber theoretisch als rein-elektrischer Transformator behandelt werden kann, indem die mechanische Wirkung der Ankerbewegung durch elektrische Vorgänge gedanklich ersetzt wird.

Es ist das Strom- und Spannungsdiagramm des Empfängers aufgestellt und die Bedingung für größte Nutzleistung abgeleitet worden, die im allgemeinen nur bei kapazitiver Belastung erhalten werden kann. Die Resonanzlage erscheint abhängig vom Schließungszustand, indem wattlos schwingende elektrische Energien zu den mechanischen hinzutreten und die Abstimmung beeinflussen. Die hierdurch eintretenden Verstimmungen sind berechnet worden.

Die theoretischen Resultate sind durch gelegentliche, kurz mitgeteilte experimentelle Ergebnisse gestützt.

Kiel, im Januar und Februar 1919.

(Eingegangen 14. Februar 1919.)

1) Für $K = 0{,}2$ und $\cos\varphi_0 = 0{,}2$ berechnet sich dieses Verhältnis zu $1 + 0{,}006$. Diese „Verstimmungen" des Empfängers sind zuerst von Herrn L. Adelmann experimentell gefunden worden. Diese Untersuchung wie auch die übrigen in unseren bisherigen Veröffentlichungen mitgeteilten sind in den Laboratorien und auf den Versuchsständen der Signal-Ges. m. b. H. Kiel angestellt worden.

2) Dieser Einfluß ist entsprechend der Berechnung experimentell richtig bestätigt worden.

Über die Absorptionsgrenzfrequenzen der Röntgenstrahlen bei den schwereren Elementen, besonders bei den seltenen Erden.

Von Manne Siegbahn und Edv. Jönsson.

1. Einleitung.

An dem ersten publizierten Röntgenspek-

trogramme — von M. de Broglie[1]) — waren, außer einer Reihe dem Antikathodenmaterial entstammenden Spektrallinien, noch zwei scharfe Schwärzungsgrenzen vorhanden. Diese wurden zuerst von de Broglie als Köpfe von Bandenspektren gedeutet. Ein Vergleich ihrer Wellenlängen mit den Erregungsfrequenzen der charakteristischen *K*-Strahlungen von *Ag* und *Br* zeigte aber, wie von Bragg und dem einen von uns bemerkt[2]) wurde, daß die diskontinuierlichen Schwärzungsänderungen dem Bromsilber der Platte zuzuschreiben seien. Weitere Versuche von M. de Broglie und E. Wagner bestätigten dies und führten zu einer einfachen Methode zur Aufnahme von „Absorptionsspektren" der chemischen Elemente. Wesentlich ist dabei, daß die Absorption nicht — wie früher angenommen wurde — einer allmählichen Änderung über ein allerdings kleines Wellenlängengebiet unterzogen ist, sondern in einem außerordentlich kleinen Frequenzbereich (von der Breite einer Spektrallinie) von einem Mindestwert zu einem Höchstwert diskontinuierlich überspringt.

Die Werte dieser Grenzfrequenzen sind ein ebenso charakteristisches Merkmal eines chemischen Elements, wie z. B. die Röntgenspektrallinien. Allerdings ist die Ermittelung einer Schwärzungsgrenze am Spektrogramm aus technischen Gründen nicht mit derselben Genauigkeit wie die einer scharfen Spektrallinie auszuführen. Wenigstens ist dazu ein weit umständlicheres Verfahren (z. B. Photometrieren) nötig als bei den Linien. Die erreichbare Genauigkeit in der Frequenzbestimmung der Absorptionsgrenze ist aber vollkommen hinreichend, wenn es gilt das absorbierende Element zu identifizieren. Für Analysezwecke scheint diese Methode ihrer Einfachheit wegen, und da sie sehr wenig Substanz beansprucht, in gewissen Fällen verwendbar zu sein. In der Tat haben die Verfasser diese Analysemethode zur Aussuchung eines genügend reinen *Ce*-Präparates aus der zur Verfügung stehenden Präparatensammlung benutzt. Die verschiedenen Spektrogramme zeigen sofort, welche Verunreinigungen in merkbarer Menge vorhanden sind.

2. Frühere Messungen in der *K*-Reihe.

Ausgedehnte Messungen von Absorptionsgrenzfrequenzen liegen von M. de Broglie[3]), E. Wagner[1]) und Blake und Duane[2]) vor. Die beiden erstgenannten Forscher bedienen sich im wesentlichen derselben Methodik: Das weiße Spektrum von einem technischen Röntgenrohr wird unter Zwischenschaltung des betreffenden Stoffes photographisch aufgenommen. Spalt und Platte befinden sich dabei angenähert im gleichen Abstand von der Drehungsachse des Kristalls; letzterer ist so orientiert, daß die reflektierende Spaltfläche (Steinsalz) in der Drehungsachse liegt. Die Elemente von *Fe* ($N = 26$) bis *Nd* ($N = 60$) wurden von E. Wagner untersucht, was dem Wellenlängengebiet $1{,}759 \cdot 10^{-8}$ cm bis $0{,}282 \cdot 10^{-8}$ cm ($0{,}227 \cdot 10^{-8}$ für *Er-Ho*) entspricht, dies deckt sich etwa mit dem Wellenlängenbereich von einem gasgefüllten, technischen Röntgenrohr. Sehr bemerkenswert ist die Angabe von Wagner, daß es ihm trotz zahlreicher Versuche nicht gelungen ist, mit einem solchen Rohr weder die Absorptionskante von *Ta* ($N = 73$) noch das Emissionsspektrum von Wolfram (*K*-Reihe, $N = 74$) zu erzeugen.

Weit länger nach den kürzeren Wellenlängen kann man mit den gasfreien Röhren kommen, wie die Untersuchungen von M. de Broglie, Hull, Lilienfeld und Seemann u. a. zeigen. de Broglie hat bis *Bi* ($N = 83$, $\lambda = 0{,}133 \cdot 10^{-8}$) Messungen von Absorptionsspektren ausgeführt und auch noch die Kanten von *Th* und *U* nachgewiesen.

Neuerdings haben Blake und Duane nach einer Ionisationsmethode die Grenzfrequenzen im Gebiete *Ag* bis *Ce* ermittelt. Sie glauben aus ihren Messungen schließen zu können, daß die von de Broglie (und E. Wagner) benutzte Methode falsche Werte ergebe, die mit abnehmender Wellenlänge immer größer werden sollten. Die Ursache dazu würde in der Eindringung der Röntgenstrahlen in den Kristall liegen, wodurch die Reflexion nicht in der äußeren Spaltebene, sondern in der tiefer liegenden Atomebene erfolgen sollte.

Da der Zweck der vorliegenden Arbeit die Untersuchung der Absorptionsspektren der seltenen Erden[3]) war, würden die systematischen Fehler der de Broglie-Wagnerschen Methode, wenn vorhanden, noch mehr ins Gewicht fallen wegen der hohen Frequenzen in diesem Gebiete. Die gewählte Methode, welche frei ist von dem obigen Einwand, gestattet zugleich eine Entscheidung über die Berechtigung der von Blake und Duane ausgeübten

1) M. de Broglie, C. R. Dez. 1913.
2) M. de Broglie, C. R. Mai 1914.
3) M. de Broglie, Journ. d. Physique, Mai—Juni, 1916.

1) E. Wagner, Bayr. Akad. d. Wiss. März 1916.
2) Blake und Duane, Phys. Rev. 1917.
3) Die untersuchte Sammlung wurde in liebenswürdigster Weise von dem Freiherrn Dr. Auer v. Welsbach zur Verfügung gestellt.

Kritik. Dies war um so mehr von Bedeutung, als man geneigt sein konnte, die Einwendung gegen die photographisch-spektrographische Methode auch bei der Aufnahme von Linienspektren zutreffend zu glauben. Das würde bedeuten, daß sämtliche vorliegende Messungen mehr oder weniger falsch wären. Es sei das Resultat vorweggenommen, daß eine solche Vermutung vollständig unberechtigt ist.

3. Spektrograph.

Um der ev. Fälschung durch unkontrollierbare Eindringung in den Kristall bei der Reflexion zu entgehen, wurde ein Spektrograph von der in Fig. 1 wiedergegebenen Art gewählt.

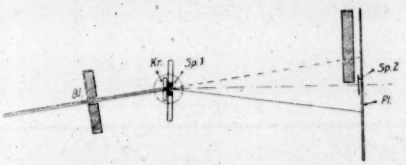

Fig. 1.

Die Reflexion geschieht in den inneren Atomebenen eines dünnen (etwa 2 mm dicken) Kristallstücks ((Kr.) aus Steinsalz oder Kalkspat, wie es für spektroskopische Zwecke wohl zuerst von Rutherford[1]) angegeben worden ist. Der Spalt[2]) (Sp. 1) mit Goldschneiden liegt dicht an der Hinterfläche des Kristalls. Plattenhalter (Pl.) und Spalt nebst Kristallen sind auf einer gemeinsamen Platte montiert, die um eine Achse senkrecht zur Zeichenebene durch die Spaltmitte drehbar angeordnet ist. Die Drehung dieses Spektrographenteils ist an einer Kreisteilung ablesbar (siehe Fig. 2). Schließlich ist noch ein zweiter Spalt (Sp. 2) dicht an der photographischen Platte angebracht, welcher den Zweck hat, eine Nullinie in jedes Spektrogramm einzutragen. Dies wird einfach in der Weise ausgeführt, daß der drehbare Spektrographenteil in seine Nullage (Bl — Sp. 1 — Sp. 2 in gerader Linie) gestellt und dann etwa 20 Sekunden mit Röntgenstrahlen exponiert wird. Zwei verschiebbare Bleischütze (in Fig. 1 ist der eine von diesen zu sehen) blenden ungewollte Strahlung ab.

1) Rutherford u. Andrade, Phil. Mag. (6) **27**, 854, 1914.

2) Prinzipiell schließt sich dieser Spektrograph denen von H. Seemann angegebenen nahe an. Nach einer brieflichen Mitteilung von Herrn Seemann an den einen von uns zu urteilen, arbeitet er jetzt gemeinschaftlich mit Herrn Friedrich mit einem Spektrographen, der im wesentlichen mit dem hier benutzten übereinstimmt.

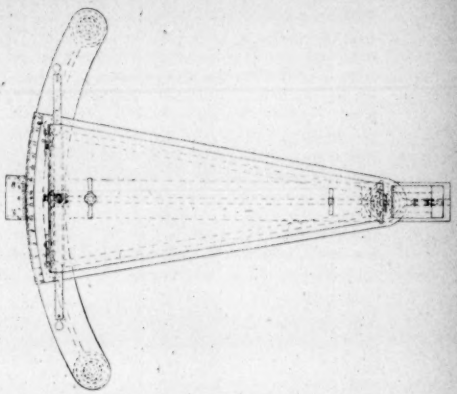

Fig. 2.

Der Spalt 2 wird vor Inbetriebnahme des Spektrographen mit optischen Hilfsmitteln so einjustiert, daß das Lot von dem Spalt 1 auf die photographische Platte gefällt eben durch Spalt 2 geht. Ferner wird der Kristall mittels doppelseitiger monochromatischer Röntgenaufnahmen (z. B. mit $WK\alpha$-Strahlung) so eingestellt, daß die reflektierenden Ebenen nahezu parallel diesem Lote stehen. Wenn dies richtig getroffen ist, liegt die Nullmarke gerade in Mitte zwischen der linken und rechten Seite der monochromatischen Spektrallinie. Da diese Justierung selbstverständlich nicht vollkommen richtig getroffen werden kann, erhält man aber durch Ausmessung der drei Linien die nötige Korrektionsgröße. Nachdem einmal diese Korrektion bestimmt worden ist, genügt es nur die eine Hälfte der Platte zu exponieren, um die Wellenlängen mit derselben Genauigkeit wie ohne Nullinie mit doppelseitiger Aufnahme ermitteln zu können.

Die praktische Ausführung der skizzierten Anordnung ist aus Fig. 2 u. 3 zu sehen. Spalt und

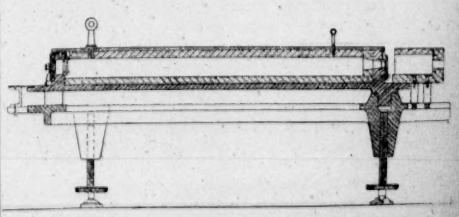

Fig. 3.

Plattenhalter sind in einem gußeisernen Kasten montiert, dessen Inneres mit 10 mm dickem Blei bekleidet ist. Um nötige Justierungen zu gestatten, ist der obere Deckel abnehmbar. Wichtig ist, daß die Schichtseite der photographischen Platte immer in demselben gut definierten Abstand von Spalt 1 gestellt werden kann, was durch die Konstruktion erreicht worden ist. Dieser Abstand wurde mit Hilfe eines besonders hergestellten Schiebmaßes am Normalmeter ausgemessen. In einer gefrästen Spur vor der Kassette laufen die beiden Bleistäbe, mit deren Hilfe die Platte vor der direkten Strahlung geschützt werden kann.

Nachdem die obige einmalige Justierung des Spektrographen mit optischen Hilfsmitteln ausgeführt ist und die Nullpunkte an der Kreisteilung also bekannt sind (d. h. die Lage, bei welcher Bl—Sp 1—Sp 2 in gerader Linie liegen), ist die Einstellung für Spektralaufnahmen sehr einfach: Mit Hilfe eines fluoreszierenden Schirmes wird so eingestellt, daß die Strahlen durch Bl und Sp 1 (Fig. 1) gehen. Der Spektrograph ist dann betriebsbereit. Zuerst wird die Nullinie (in etwa 20 Sek.) aufgenommen und danach der drehbare Teil um den fraglichen Reflexionswinkel gedreht. Mit der Röhre, die für die folgende Untersuchung benutzt wurde (Glühkathodenröhre der Firma Siemens-Schuckert, sogenannte Therapieröhre), war der Winkelbereich, der mit stillstehender Platte exponiert wurde, etwa 40′. Dies genügt vollkommen, um die Absorptionskante eines Stoffes hervortreten zu lassen. Allerdings ist es nützlich, um Ungleichheiten in dem Brennfleck auszugleichen, den Spektrographen von Zeit zu Zeit während der Exposition zu drehen.

Die untenstehenden Messungen geben kein gutes Maß für die mit diesem Spektrographen erreichbare Genauigkeit, weil sie zum größten Teil mit einem verhältnismäßig schlechten Steinsalzkristall aufgenommen sind. Leider war in unserer Sammlung ein genügend gutes Exemplar nicht zu finden, weshalb wir später zum Kalkspat übergingen, der zwar kleineres Reflexionsvermögen besitzt, aber in guten Exemplaren leicht zu erhalten ist. Im Vergleich mit dem hier früher benutzten Spektrographen erfordert der jetzt beschriebene weit bessere Kristallexemplare, was sich darin zeigte, daß derselbe Kristall, der bei dem erstgenannten Spektrographen völlig befriedigende Schärfe gegeben hatte, bei dem letzteren nicht gut verwandt werden konnte.

Über die Leistungsfähigkeit in bezug auf die Meßgenauigkeit wird eine demnächst erscheinende Arbeit über Linienspektra besseren Aufschluß geben.

Sämtliche Spektrogramme in dieser Arbeit sind — wie erwähnt — mit einer Glühkathodenröhre — Therapieröhre — der Firma Siemens-Schuckert aufgenommen. Zum Betrieb der Röhre diente ein Hochspannungsgleichrichter (für max 120 K.V.) derselben Firma. Die Betriebsspannung wurde je nach dem absorbierenden Stoffe gewählt; bei den schwersten Elementen wurde mit 120 K.V. und 3 M.A. gearbeitet. Das würde nach der experimentell verifizierten Einsteinschen Formel

$$eV = h\nu$$

oder

$$\lambda_{\text{Å.E.}} = \frac{12{,}3}{V_{\text{K.V.}}}$$

etwa 0,1 Å.-E. entsprechen, d. h. eine Spannung an der Röhre von 120 K.V. erzeugt ein kontinuierliches Spektrum, das gegen kürzere Wellen bei 0,1 Å.-E. endet. Da die Absorptionsgrenzwellenlänge von Uran eben 0,1 Å.-E. ist, wäre daher 120 K.V. kaum hinreichend, um die Grenzen hervortreten zu lassen. Da aber die Röhre mit einer Wechselspannung im Effektivwerte von 120 K.V. betrieben wurde und die Spannungskurve daher weit höhere Spannungswerte einschließt, konnte auch diese bis jetzt kürzeste Wellenlänge der Röntgenspektren (entsprechend der β_2-Linie der K-Reihe von Uran) erzeugt und gemessen werden.

Der absorbierende Stoff (gleichgültig in welcher Form oder Verbindung) wurde in eine kleine Küvette aus Karton (0,2—0,5 mm dicke Schicht) dicht an der Blende (Bl.) im Strahlenwege eingeführt. Die Expositionszeiten betrugen 1—5 Stunden, das letztere bei den schwersten Elementen.

3. Ergebnisse.

Die erhaltenen Absorptionsgrenzwellenlängen für Elemente zwischen *Cd* (48) und *U* (92) sind in der Tabelle auf S. 255 zusammengestellt. In der Tabelle finden sich noch die sich teilweise überdeckenden Messungsergebnisse von de Broglie, E. Wagner und Blake und Duane. Die Übereinstimmung mit den Messungen von Blake und Duane, welche nach der Ionisationsmethode ausgeführt sind, ist innerhalb der Fehlergrenzen eine vollständige. Ferner zeigt die Tabelle ebenso wie die graphische Darstellung der entsprechenden Werte, daß unsere Werte mit denen von E. Wagner genau übereinstimmen.

	N	de Broglie λ	E. Wagner λ	Blake u. Duane λ	Siegbahn u. Jönsson λ	Siegbahn u. Jönsson $\sqrt{\frac{1}{\lambda}}$
Ag	47	0,482	0,490	0,4850		
Cd	48	0,460	0,468	0,4632	0,4629	1,470
In	49			0,4434		
Sn	50	0,421	0,425	0,4212	0,4231	1,537
Sb	51	0,401	0,405	0,4065		
Te	52	0,385	0,383	0,3896	0,3877	1,606
J	53	0,369	0,369	0,3727	0,3715	1,641
Cs	55	0,340		0,3444	0,3436	1,706
Ba	56	0,327	0,331	0,3307	0,3306	1,739
La	57	0,313		0,3188	0,3186	1,772
Ce	58	0,300	(0,298)	0,3073	0,3064	1,807
Pr	59				0,2946	1,843
Nd	60		0,282		0,2835	1,878
Sa	62				0,2636	1,948
Eu	63				0,2543	1,983
Gd	64				0,2456	2,018
Dy	66				0,2294	2,088
Ho	67				0,2214	2,125
Pt	78	0,152			0,1578	2,518
Au	79	0,149			0,1524	2,561
Hg	80	0,146			0,1479	2,601
Tl	81	0,142			0,1427	2,647
Pb	82	0,138			0,1385	2,687
Bi	83	0,133			0,1346	2,725
Th	90				0,1127	2,979
U	92				0,1048	3,089

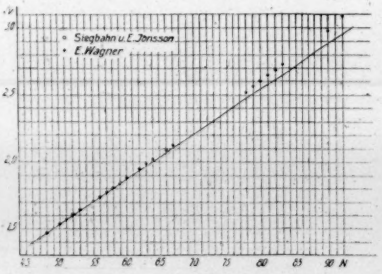

Fig. 4.

Die Werte von de Broglie haben wir unter Anbringung einer Exzentrizitätskorrektion[1]) von 1,5′ aus den Winkelwerten im Journal de Physique (loc. cit.) berechnet. Wie Blake und Duane bemerken, zeigen die Wellenlängenwerte von de Broglie eine mit steigendem Atomgewicht wachsende Abweichung von ihren (und somit auch von unseren) Werten bis *Ce* (58), was diese Verfasser in einer methodischen Fehlerquelle — Eindringung in den Kristall — begründet sehen wollen. Hierzu ist aber zu bemerken, daß die Wagnerschen Werte, die nach derselben Methode erhalten worden sind, diese Abweichungen nicht zeigen. Noch wichtiger für die Beurteilung dieser Frage ist aber der weitere Vergleich bei noch höheren Elementen, welcher mit unseren Messungen möglich ist: nämlich zwischen *Pt* (74) und *Bi* (83). Hier verlaufen die Abweichungen in umgekehrter Richtung, bis sie bei 81—83 verschwinden. Die kleinen Abweichungen bei de Broglie sind daher gar nicht systematischer Natur und können auch nicht als Unterlage einer Kritik gegen die Drehkristallmethode herangezogen werden. — Wir bemerken noch, daß die oben angegebene Korrektion von 1,5′ bei den schwersten Elementen *Pt—Bi*, wo die schrittweise Änderung von Element zu Element etwa 2′ beträgt, relativ eine sehr beträchtliche Größe hat.

Wie die Tabelle zeigt, sind die seltenen Erden bis *Ho* (67) untersucht worden, dann sind weiter die Elemente von *Pt* (78) bis *U* (92) aufgenommen. Die Elemente zwischen *Ho* und *Pt* konnten wegen des in diese Gegend fallenden Linienspektrums des Wolframs nicht gut mit diesem Rohre untersucht werden. Es ist beabsichtigt, diese Lücke später mit Hilfe eines Rohres mit *Pt*-Antikathode auszufüllen.

Die graphische Darstellung zeigt die durch die variable Elektronenmasse bedingte Abweichung im $\sqrt{\nu}/N$-Diagramm von der geraden Linie — was übrigens bei Hinzunahme der

1) Von de Broglie in einem uns zugesandten Sonderdrucke schriftlich bemerkt.

Messungen an leichteren Elementen[1]) noch deutlicher hervortritt (vgl. Blake und Duane loc. cit.).

1) Messungen bis herab zu *Mg* mit Hilfe des von dem einen von uns konstruierten Vakuumspektrographen sind im hiesigen Institut ausgeführt und werden demnächst veröffentlicht.

Lund, Physikalisches Institut der Universität.

(Eingegangen 15. Februar 1919.)

Doppelbrechung des Lanolins.

Von Hermann Rohmann.

Gelegentlich der Bestimmung von Brechungsexponenten durch Totalreflexion an einem Flintprisma untersuchte ich auch eine Salbe aus einer etwas offenen Zinntube, die sich zufällig in meinem Arbeitszimmer befand und die dort offenbar längere Zeit unberührt gelegen hatte. Dabei zeigte sich, daß diese Substanz zwei scharfe Grenzen der Totalreflexion gab, wenn ich die Salbe mit dem Finger in einer Richtung parallel zu den Prismenkanten auf die Glasflächen aufgestrichen hatte; daß sie dagegen nur eine scharfe Grenze gab, wenn ich sie in der Richtung senkrecht zu den Kanten aufstrich. Hin- und Herstreichen der Salbe gab stets entsprechende, bleibende Veränderungen, auch dann, wenn das Verstreichen in bestimmter Richtung durch ein aufgebrachtes Deckglas bewirkt wurde.

Die Brechungsexponenten für die beobachteten Grenzlinien bestimmten sich zu 1,4995 und 1,4968 (Streichbewegung parallel zur Kante) bzw. 1,4996 (Streichbewegung senkrecht zur Kante), für *Na*licht bei ca. 30 Grad C. Die verstrichene Substanz verhält sich also wie ein einaxiger, negativer Kristall, dessen optische Achse parallel zur Strichrichtung liegt.

Herr Prof. Weinland, den ich über die Natur der Salbe um Rat fragte, war so freundlich, sie durch einige Reaktionen zu prüfen und fand, daß sie in der Hauptsache aus Wollfett (Lanolin) bestehen müsse. Wahrscheinlich handelt es sich um eine Tube gewöhnlichen Lanolins, wie es früher zur Hautpflege usw. verwandt wurde, das durch längeres Lagern etwas ranzig geworden ist.

Da Lanolin aus Cholesterinestern besteht, von denen eine ganze Anzahl flüssige Kristalle bilden, wird damit die beobachtete Erscheinung vielleicht verständlich als erzwungene Homöotropie im Sinne von O. Lehmann, Ann. d. Phys. (4) **50**, 555, 1916.

Eine weiterhin untersuchte Probe reinen Wollfetts aus dem hiesigen Chemischen Institut zeigte zwar Doppelbrechung, aber nicht die Abhängigkeit von der Streichrichtung; dagegen erhielt ich aus der Schmidschen Apotheke eine Probe Lanolin, das den gefundenen Effekt wenigstens annähernd zeigt. Dasselbe ist nach einer freundlichen Auskunft von Herrn Apotheker O. Trapp vor mehreren Jahren als reinstes Lanolinum anhydricum[1]) bezogen und war in einem Porzellantiegel aufbewahrt.

Im Gegensatz zu der zuerst untersuchten Probe gibt dieses Lanolin beim Streichen senkrecht zur Prismenkante nicht eine einzige scharfe Grenze, es nähert sich nur die weniger abgelenkte Grenze der andern um etwa die Hälfte der Entfernung, die sie bei der Streichrichtung parallel zur Prismenkante hat (Brechungsexponenten für *Na*licht etwa 1,4978 und 1,4955 bei paralleler Streichrichtung). Im ganzen sind die Grenzen etwas weniger scharf als bei der erstuntersuchten Substanz.

Eine Probe Adeps lanae II von der Firma Merck, Darmstadt, zeigt ebenfalls eine solche Veränderung der zweiten Grenze beim Streichen, aber in noch geringerem Betrage (ca. $^1/_3$ des Abstandes).

Beim Erwärmen und Schmelzen der verschiedenen Proben verschwindet die Doppelbrechung. Nach dem Wiedererstarren sind die Effekte wesentlich verringert. Ähnlich wirkt Lösen in Xylol, Aceton usw.

Das gleiche Resultat wie die Untersuchung der Totalreflexion liefert die Betrachtung des zwischen Objektträger und Deckglas verstrichenen Lanolins im Polarisationsmikroskop. Die wirksamen Proben verhalten sich in allen wesentlichen Beziehungen wie parallel zur optischen Achse geschnittene einaxige Kristallplatten mit der Achse in der Streichrichtung bzw. wie Kristallplatten mit gegen die Oberfläche geneigter Achse. Die Auslöschung ist recht vollkommen, obgleich die Substanzen ein wenig trübe sind. Ganz geringe Verschiebungen des Deckglases in entsprechender Richtung bewirken schon Aufhellung des Gesichtsfeldes. Der Effekt ist auch bei sehr kleinen Schichtdicken gut beobachtbar, wenn man durch den Kondensor den Faden einer Glühlampe etwas unterhalb des Präparats abbildet und das Mikroskop auf dieses scharfe Bild einstellt.

Das einmal gestrichene Präparat bleibt anscheinend unbegrenzt lange, jedenfalls aber mehrere Tage lang in seinem doppelbrechenden Zustand. Dort, wo durch eingebettete Luftblasen oder andere Hindernisse die Bewegungs-

1) Das meist verkaufte undurchsichtige Lanolin wird aus dem Anhydricum durch Verreiben mit Öl und Wasser hergestellt.

richtung der Substanz verändert wird, finden sich Aufhellungen und Auslöschungen, die die Bewegungsrichtung bis ins Detail verfolgen lassen.

Ganz besonders eignet sich zur Demonstration ein Präparat, bei dem das Deckglas um eine bestimmte Achse rotiert wurde. Zwischen gekreuzten Nikols sieht man dann ein schwarzes Kreuz, das mit scharfen Spitzen von dem Drehungspunkt ausläuft. Wenn die Drehung des Deckglases nicht ganz vollkommen ist (aus freier Hand gelingt sie kaum), so resultiert ein deformiertes Kreuz, aus dem die letzte Bewegung gut zu entnehmen ist. Diese Eigenschaften des Lanolins werden zur Untersuchung mancher Bewegungsvorgänge wahrscheinlich nützlich sein können.

Unter dem Mikroskop in dünner Schicht mit stärkeren Objektiven untersucht, zeigen die wirksamen Lanolinproben eine ziemlich einheitliche klare Masse, die der Träger der untersuchten Eigenschaft ist. In ihr befinden sich bei der ersten Probe ölartige Tröpfchen, die zwischen gekreuzten Nikols anscheinend unabhängig von der Streichrichtung immer Aufhellung und Farben zeigen, bei den andern Lanolinsorten kleine Kriställchen.

In dickeren Schichten bei relativ schwacher Vergrößerung zeigt die Substanz zunächst eine Art Gerinnsel, das sich beim Hin- und Herbewegen des Deckglases bewegt und nach und nach verschwindet.

Da zurzeit im armen Deutschland Lanolin eine seltene Substanz geworden ist und ich nicht hoffen kann, in absehbarer Zeit größere als zur mikroskopischen Beobachtung ausreichende Mengen des wirksamen Materials zu erhalten, muß ich weitere Beobachtungen über die Natur der Kräfte, welche die Doppelbrechung bzw. die Richtung der betreffenden kleinsten Teilchen bewirken, zunächst noch zurückstellen.

Tübingen, 20. Februar 1919, Physikal. Institut.

(Eingegangen 22. Februar 1919.)

Personalien.

(Der Herausgeber bittet die Herren Fachgenossen, der Schriftleitung von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Habilitiert: An der Universität Leiden Dr. A. Koreraar für chemische Technologie, an der Universität Königsberg Dr. Franz Lehmann für pharmazeutische Chemie, an der Universität Münster Dr. Ernst Weitz für Chemie (vgl. dazu 20, 144, 1919), an der Technischen Hochschule Delft der Dozent für chemische Technologie in Tilburg H. C. I. C. Gelissen für Farbstoff- und Färbereichemie, an der Universität Zürich Dr. Paul Epstein (früher an der Universität Moskau) für Physik.

Ernannt: Dr. H. J. Watermann zum ord. Professor für chemische Technologie an der Technischen Hochschule Delft, Dr. A. S. Russell zum Dozenten für Physikalische Chemie an der Universität Sheffield, der Professor für Physik an der Universität Manchester Sir Ernest Rutherford zum Cavendish-Professor für Experimentalphysik an der Universität Cambridge (England), der a. o. Professor an der Technischen Hochschule Wien Dr. Heinrich Paweck zum ord. Professor der technischen Elektrochemie ebenda, Dr. Frederick Soddy zum ord. Professor der Chemie an der Universität Oxford.

Berufen: Der ord. Professor der Mathematik an der Technischen Hochschule Breslau Geh. Regierungsrat Dr. Gerhard Hessenberg in gleicher Eigenschaft an die Universität Königsberg, der ord. Professor der Chemie an der Technischen Hochschule München, Dr. Heinrich Wieland in gleicher Eigenschaft an die Technische Hochschule Karlsruhe.

Verliehen: Den Privatdozenten an der Technischen Hochschule Wien Dr. Isidor Klimont (Organische Chemie) und Dr. Karl Oettinger (Technische Warenkunde) der Titel a. o. Professor.

Neuer Lehrauftrag: Professor Dr. Edgar Wedekind (bisher an der Universität Straßburg) für organische Chemie an der Universität Frankfurt a/M., dem Redakteur der Chemikerzeitung Dr. Walther Roth am Polytechnikum in Cöthen für Geschichte der Chemie.

In den Ruhestand: Der ord. Professor der Physik an der Technischen Hochschule Karlsruhe Geheimer Rat Dr. Otto Lehmann, der ord. Professor der Chemie an der Universität Zürich Dr. Alfred Werner.

Gestorben: Der etatsmäßige Professor der technischen Chemie an der Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin Geh. Regierungsrat Dr. Max Delbrück, der frühere ord. Professor der Mathematik an der Universität Gießen Geh. Hofrat Dr. Eugen Netto.

Berichtigung: In der Berichtigung auf Seite 192 dieser Zeitschrift 19 muß es Telegrafenberg statt Trachenberg heißen.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1919.

Universität Frankfurt/M.

Wachsmuth: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Ausgewählte Kapitel der Elektrizität, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium (mit Born), 14tägig, 2 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 6, für Fortgeschrittene, halbtägig oder ganztägig; Handfertigkeitspraktikum (mit Seddig), 3; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten, ganztägig. — **Born:** Analytische Mechanik, 4, Übungen, 1; Quantentheorie, 2; Einführung in die theoretische Physik, besonders für Kriegsteilnehmer, 2 *g*. — **Seddig:** Repetitorium der Experimentalphysik, besonders für Kriegsteilnehmer, 3; Leitung selbständiger Arbeiten aus dem Gebiete der wissenschaftlichen Photographie, nach Verabredung; Photographisches Praktikum, 4 oder 8. — **Stern:** Molekulartheorie I: Kinetische Gastheorie, 2. — **Déguisne:** Der elektrische Wechselstrom (Experimentalvorlesung), 2; Wechselstrommessungen, 1; Einführung in die Röntgentechnik, 1 *g*; Kolloquium über die neuere Literatur der angewandten Physik, 14tägig, 2 *g*; Kleines elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik, Photometrie, 3, II: Maschinen, Transformatoren, 3; Elektrotechnisches Praktikum für Vorgeschrittene, halbtägig oder ganztägig; Wissenschaftliche Arbeiten, ganztägig. — **Linke:** Allgemeine Meteorologie, 2; Erdmagnetismus, 1 *g*; Meteorologisch-geophysikalische Übungen, 2. — **Freund:** Anorganische Experimentalchemie, 3¾; Kolloquium über neue chemische Literatur, 14tägig,

$1^1/_2$ *g*; Großes chemisches Praktikum und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten: a) in der organischen Abteilung (mit Mayer, Fleischer und Speyer), b) in der anorganischen Abteilung (mit Hahn und Ebler), ganz- und halbtägig; Kleines chemisches Praktikum für Anfänger (mit Ebler), zweimal halbtägig; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Ebler), 6; Chemisches Praktikum für Angehörige der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät (mit Speyer), zweimal halbtägig; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum (mit Brandt), tägl. — **Mayer**: Einführung in die organische Chemie auf elementarer Grundlage, 1; Chemie und Technologie der Teerfarbstoffe, 2; Praktische Übungen in der Färberei der Textilfasern, 2. — **Fleischer**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 2; Über neuere Arzneimittel, 1. — **Ebler**: Analytische Chemie II, 2; Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1; Radioaktivität und radioaktive Substanzen, 1; Praktische Übungen im Arbeiten mit Gasen, 4; Kolloquium über anorganische Chemie, 1 *g*. — **Speyer**: Chemische Technologie III: Anorganische Prozesse, 2. — **Hahn**: Neuere Anschauungen in der anorganischen Chemie; Valenz- und Strukturlehre. 1. — **Brandt**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 2. — **Tillmans**: Nahrungsmittelchemie, 2 *g*; Praktikum der Nahrungsmittelchemie oder Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, halbtägig. — **Lorenz**: Elektrochemie, 3; Technische Elektrochemie: Schmelzflußelektrolyse, Alkalimetalle, Kalzium, Magnesium, Aluminium, 1 *g*; Großes physikalisch-chemisches Praktikum (mit Fraenkel), halbtägig oder ganztägig; Kleines Praktikum der physikalischen Chemie und Elektrochemie (mit Fraenkel), tägl. außer Sonnabend; Wissenschaftliche Arbeiten (mit Fraenkel), ganztägig; Metallographisches Praktikum (mit Fraenkel), 3 — **Fraenkel**: Anwendung physikalisch-chemischer Theorien auf technische Probleme, 1; Kupfer, Zink, Messing, 1. — **Fester**: Brennstoffe, 1; Werdegang der chemischen Großindustrie, 1. — **Becker**: Angewandte Chemie und Bakteriologie in Industrie, Handel und Gewerbe; Chemisch-technische Warenkunde, Chemie und Industrie der Ersatzstoffe, mit Exkursionen, I, $1^1/_2$, II, $1^1/_2$; Chemisches Praktikum: Übungen in der Untersuchung und Beurteilung von Handelswaren (Chemisch-technische Analyse), bakteriologische Kurse für Apotheker (Desinfektion und Sterilisation), 5. —

Schoenflies: Analytische Geometrie, 4, Übungen (mit Szasz, 1; Liniengeometrie, 2. — **v. Mises**: Differential- und Integralrechnung I, mit Übungen, 5; Fluglehre in elementarer Darstellung, 3; Fluglehre, 3. — **Hellinger**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 2; Elementarmathematik vom höheren Standpunkt, 3. — **Szasz**: Differentialgeometrie, 4, Übungen, 1. — **Bieberbach**: Partielle Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1; Höhere Funktionentheorie, 2; Graphische Methoden, mit Übungen, 2; Mathematisches Seminar: Lektüre mathematischer Klassiker (mit Hellinger, Schoenflies und Szasz), 2. — **Brendel**: Theoretisch- und praktisch-astronomische Übungen (mit Labitzke), nach Verabredung; Seminar für Versicherungswissenschaft: Übungen zur höheren Mathematik, 2. — **Brill**: Ausgewählte Kapitel der Astronomie, 3. —

Bergakademie Freiberg.

Brion: Elektrotechnik, mit Maschinenuntersuchungen und seminaristischen Übungen, 4; Elektrotechnisches Praktikum, 2; Experimentalphysik, mit Repetitorium, 5; Physikalisches Praktikum, 2. — **Ludewig**: Grundlagen der wissenschaftlichen Photographie, 1; Radiumkunde, 2, Übungen, 3. —

Brunck: Anorganische Chemie, 4; Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, Übungen, tägl. außer Sonnabend, II: Quantitative Analyse, tägl. außer Sonnabend, Übungen, 1. — **Döring**: Angewandte Chemie: Eisenprobierkunde, 1, Übungen, 1 Nachmittag; Technisch-chemische Gasanalyse, Übungen, 2; Chemische Untersuchung von Grubenwettern, Übungen, 2; Chemische Technologie, 2; Salinenkunde und Kalisalzverarbeitung, 1. — **Ebert**: Organische Chemie, 1. — **v. Walther**: Einführung in die organische Chemie, 2; Die Chemie der Braunkohle: Übungen im organisch-chemischen Laboratorium. — **Heike**: Übungen zur Metallographie, 2; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. —

Papperitz: Höhere Mathematik I: Analytische Geometrie, 6, II, 2; Darstellende Geometrie, 2, Übungen, 3; Sphärische Trigonometrie, 2; Algebra: Determinanten und Gleichungen, 2; Mathematisches Praktikum, 1. — **Wandhoff**: Markscheidekunde und Geodäsie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Vermessungskunde, 2; Markscheiden und Feldmessen, Übungen, 5; Feldmeßübungen für Hüttenleute, 4; Plan- und Rißzeichnen und Rechenübung, 2. —

Universität Freiburg i. B.

Himstedt: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Optik, Elektrooptik, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Koenigsberger**: Übungen in den Elementen der mathematischen Physik, 1; Mathematische Physik, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Gaede**: Anleitung zu selbständigen Arbeiten im technisch-physikalischen Institut, tägl. *g*. — **Friedrich**: Elektrizitätsdurchgang in Gasen: Kathoden-, Kanal- und Röntgenstrahlen, mit Vorführungen, 2; Die Physik der Röntgenstrahlen, mit Vorführungen, 1; Physikalisches Seminar, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten aus dem Gebiet der Experimentalphysik, tägl. —

Gattermann: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig (mit Fromm, Meigen, Skita und Schwarz), tägl. außer Sonnabend. — **Riesenfeld**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Kolloidchemie, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im technologischen Institut, tägl. — **Meyer**: Physikalische Chemie, 3, für Mediziner, 1; Photographie, 2; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 2; Selbständige physikalisch-chemische Arbeiten, nach Verabredung. — **Fromm**: Organische Technologie mit Exkursionen, 2; Repetitorium der organischen Chemie für Mediziner, 2, Repetition, 1. — **Meigen**: Qualitative Analyse, 3; Gasanalyse, 1; Seminar für analytische Chemie, 2. — **Skita**: Methoden der organischen Chemie: Ergänzung des Kollegs über organische Chemie, 3; Chemie der Teerfarbstoffe, mit Exkursionen, 2; Übungen im Färben von Gespinstfasern, 2. — **Madelung**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, als Ergänzung des Kollegs über organische Chemie, 2. — **Schwarz**: Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie, 1; Seminar (Repetitorium) für anorganische Chemie, 1; Theoretische Grundlagen der quantitativen Analyse, 1. —

Loewy: Analytische Geometrie der Ebene, mit Übungen, 5; Über die Grundlagen der Geometrie, 2. — **Heffter**: Differential- und Integralrechnung II, mit Übungen, 5; Einführung in die höhere Algebra, 4; Mathematisches Seminar: Algebra, 2 *g*. — **Stickelberger**: Differentialgeometrie, 3; Analytische Mechanik, 4; Mechanik, 1. — **Bolza**: Variationsrechnung mit Übungen, 4. — **Seith**: Darstellende Geometrie, 2, Übungen, 2 *g*. — **Ansel**: Einführung in die theoretische Astronomie, 3; Numerische und graphische Methoden der angewandten Mathematik, 3. —

Universität Freiburg (Schweiz).

Gockel: Experimentalphysik, 5, Mathematische Ergänzungen, 1; Physik der Atmosphäre II, 2; Physikalisches Kolloquium, 1; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten (mit v. Hauer), 6; Arbeiten im Laboratorium, tägl. — **Joye**: Elektrizität (Fortsetzung), 3, Mathematische Ergänzungen, 3; Physikalisches Semi-

nar, 1; Praktische physikalische Übungen für Anfänger und Chemiker, 8; Physikalisches Laboratorium für Fortgeschrittene, tägl. außer Montag; Untersuchungsarbeiten im Laboratorium, tägl. — **v. Hauer**: Thermodynamik II, einschl. kinetische Gastheorie, 4; Repetitorium der Physik, 2. —

Bistrzycki: Organische Chemie für Anfänger und Mediziner, 6; Analytisches Praktikum für Chemiker und Pharmazeuten, sowie Anleitung zu selbständigen organisch-chemischen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Analytisch-chemisches Praktikum für Mediziner, 14. — **v. Estreicher**: Chemie der Schwermetalle, 3; Ausgewählte Kapitel der allgemeinen Chemie, 2; Repetitorium über anorganische Chemie, 1; Praktische Übungen für Naturwissenschaftler und Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend. —

Plancherel: Differential- und Integralrechnung, 4; Analytische Geometrie, 2; Differentialgleichungen, 3; Übungen in Geometrie und Integralrechnung, 4. —

Universität Gießen.

König: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6, für Fortgeschrittene, nach Verabredung, für Chemiker, Mediziner, Pharmazeuten und Landwirte, 3; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar für Lehramtskandidaten: Übungen in Demonstrationsversuchen und Behandlung einfacher theoretischer Hausaufgaben (mit Cermak), 14tägig, 2g; Physikalisches Kolloquium (mit Fromme), 14tägig, 2. — **Fromme**: Elektromagnetische Theorie des Lichtes, 2; Theoretisch physikalische Übungen, 1; Niedere Geodäsie, 3; Praktische Übungen, 1 Nachmittag. — **Cermak**: Handfertigkeitspraktikum, 3; Das Schwingungsproblem im Gesamtgebiet der Physik, 1. — **Uller**: Einführung in die mathematische Behandlung physikalischer Probleme, 1. — **Jentzsch**: Die optischen Grundlagen der Malerei, 1 g; Ausgewählte Kapitel der Physiologischen Optik, 1. — **Peppler**: Wetter und Wettervoraussage, 2. —

Elbs: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, tägl.; Chemische Übungen für Landwirte, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner und Veterinärmediziner (mit Brand), 5; Übungen in Unterrichtsversuchen für Lehramtskandidaten (mit Brand), 14tägig, 2 g. — **Schaum**: Einführung in die physikalische Chemie, 2; Neuere Theorien der physikalischen Chemie, 1; Physikalisch-chemische Übungen, 3; Optische Übungen: Ultramikroskopie, Polarisationsmikroskopie, Spektroskopie, 3; Physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Brand**: Chemische Technologie II: Technologie organischer Stoffe, mit Besichtigungen chemischer Betriebe, 2; Technologie der Farbstoff- und Heizmittelzwischenprodukte, 1. — **v. Liebig**: Grenzfragen der Chemie, 1 g. — **Feist**: Pharmazeutische Präparate, anorganischer Teil, 3; Pharmazeutisch-chemische und nahrungsmittelchemische Übungen (mit Elbs), tägl.; Die menschlichen Genußmittel und ihre Verfälschungen unter Berücksichtigung der Kriegszeit, 1; Gesetzeskunde für Apotheker und Nahrungsmittelchemiker, 1. —

Engel: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1; Funktionentheorie, 4; Mathematisches Seminar: Differentialgleichungen, 2. — **Schlesinger**: Analytische Geometrie, 4, Übungen, 1; Theorie der krummen Linien und Flächen: Differentialgeometrie, 4; Mathematische Übungen für mittlere Semester, besonders Kriegsteilnehmer, 2; Mathematisches Seminar: Funktionentheorie, 1. — **Graßmann**: Projektive Geometrie der Ebene in analytischer Behandlung, 4; Darstellende Geometrie II, mit Übungen, 4; Mathematisches Seminar: Über projektive Geometrie, 14tägig, 1. — **Männchen**: Mathematischer Ergänzungskurs, 3. —

Universität Göttingen.

Debye: Experimentalphysik II: Elektrizität (für Physiker und Mathematiker) 4; Physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Voigt und Pohl), 2 g; Ausgewählte Kapitel der kinetischen Gastheorie, 2. — **Voigt**: Grundbegriffe der theoretischen Physik, 4; Mathematisch-physikalisches Seminar: Ausgewählte Kapitel der theoretischen Physik, mit Übungen, 2 g. — **Wiechert**: Meteorologie, Ebbe und Fut und ihre Beziehungen zu anderen kosmischen Erscheinungen, 1; Einführung ins Vermessungswesen durch praktische Übungen, 3; Wetter und Wettervorhersage, 1 g; Geophysikalisches Praktikum, nach Verabredung g; Besprechung geophysikalischer Fragen, 1. — **N. N.**: Angewandte Elektrizitätslehre, mit Demonstrationen, 4; Elektrotechnisches Praktikum, 3; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Prandtl**: Kolloquium über Fragen der Luftfahrt, 2 g; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Mechanik, einschließlich Aerodynamik und Hydrodynamik, tägl.; Einführung in die Mechanik, 4, Übungen, 2. — **Pohl**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme (für Mediziner), 4; Physikalisches Praktikum (mit Madelung), 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Hertz**: Potentialtheorie, 4; Einführung in die Relativitätstheorie, 2. — **Madelung**: Theoretische Elektrizitätslehre, 4; Kolloquium und Übungen über spezielle Fragen der theoretischen Physik, für Anfänger und Vorgeschrittene, 1 g. — **Rausch v. Traubenberg**: Physikalisch-philosophische Grenzprobleme, 2. — **Reich**: Drahtlose Telegraphie, mit Experimenten, 1. — **Scherrer**: Radioaktivität, 2. — **Winkler**: Übungen in physikalisch-technischer Hand ertigkeit, 4. —

Windaus: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 5; Chemisches Kolloquium für Fortgeschrittene, 1 g; Seminar für Lehramtskandidaten (mit Koetz), nach Verabredung g; Chemische Übungen (mit Koetz, Borsche, Sielisch und Wienhaus), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Wienhaus), 6. — **Tammann**: Elektrochemie, 2; Über Mischkristalle, 1 g; Kolloquium, 1 g; Praktikum für Anfänger, 4 Wochen; Physikalisch-chemische Arbeiten, ganz- und halbtägig. — **Coehn**: Einführung in die Photochemie, mit Demonstrationen, 2; Photographisches Praktikum: a) für Anfänger, b) für Fortgeschrittene, 3; Photochemische Arbeiten, ganz- und halbtägig. — **Kötz**: Analytische Chemie, mit Experimenten, 2; Chemische Technologie anorganischer Stoffe I, 1; Chemisches Konversatorium, 1. — **Borsche**: Farbstoffchemie, 2; Färbereichemische Übungen, 3. — **Zsigmondy**: Anorganische Kolloide I, 1 g; Über Gasanalyse, 1; Praktikum der anorganischen und Kolloidchemie, ganz- und halbtägig; Kleines Praktikum der Gasanalyse (mit Jander), 14 Tage. — **Mannich**: Die Auffindung der Gifte, 1; Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, 2; Kolloquium über pharmazeutische Chemie, 1 g; Praktische Übungen in pharmazeutischer und toxikologischer Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Vogel**: Einführung in die Lehre vom heterogenen Gleichgewicht, 1; Metallographisches Praktikum, 1. — **Wienhaus**: Einführung in das Chemische Praktikum für Mediziner, 2; Chemische Untersuchungen über Tier- und Pflanzenstoffe: Kohlehydrate, Glykoside, ätherische Öle, Harze, Lipoide, Farbstoffe u. dgl., 2. — **Sielisch**: Übersicht über die organische Chemie, 2. — **Wilke-Dörfurt**: Seltene Elemente, mit besonderer Berücksichtigung ihrer technischen Anwendungen, 1. — **Bachmann**: Angewandte Kolloidchemie, 1 g. —

Landau: Repetitorium der Elementarmathematik und Einführung in die höhere Mathematik; Analytische Geometrie, Differential- und Integralrechnung, mit Übungen, 8; Mathematische Unterhaltungen und Spiele, 1 g. — **Runge**: Numerisches Rechnen, 6; Übungen zur Elementarmathematik, 2 g. — **Hilbert**: Zahlbegriff und Quadratur des Kreises, 4; Denkmethoden in den exakten Wissenschaften, 1; Integralgleichungen (mit Frl. Noether), 4; Mathematisch-physikalisches Seminar über Struktur der Materie (mit Debye), 2 g. — **Klein**: Ausgewählte Fragen der neueren Mathematik, nach Verabredung g. — **Hecke**: Zahlentheorie, 4; Elliptische Funktionen, 4; Seminar für

mittlere Semester, 2 *g*. — **N. N.**: Darstellende Geometrie. — **Courant**: Einführung in die höhere Geometrie: Analytische und projektive Geometrie, 4; Differentialgleichungen, 4. — **Bernstein**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3; Politische Arithmetik mit schriftlichen Übungen, 2; Versicherungsrechnung mit schriftlichen Übungen, 2; Resultate der Biostatistik, 1 *g*; Seminar-Vorträge über ausgewählte Gegenstände der mathematischen Statistik, 2 *g*. — **Schmeidler**: Algebra, 4; Theorie der Elementarteiler, 2. — **Bernays**: Variationsrechnung, mit Berücksichtigung der Einsteinschen Gravitationstheorie, 4. — **Hartmann**: Allgemeine Einführung in die Astronomie, 2; Anleitung zu astronomischen und astrophysikalischen Arbeiten, für Fortgeschrittene, 12; Astronomisches Seminar, 2 *g*. — **Ambronn**: Sphärische Astronomie, 3; Astronomische Übungen für Anfänger, 8; Leitung selbständiger astronomischer Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. —

Universität Graz.

Benndorf: Experimentalphysik II, 4, Physikalische Übungen I, für Chemiker und Naturhistoriker, 6 *g*, II, für Mathematiker und Physiker, 9 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, *g*; Besprechung physikalischer Fragen (mit Radakovic), 2 *g*. — **Streintz**: Akustik, 2. — **Rosenberg**: Übungen in der Anstellung physikalischer Schulversuche, 3 *g*. — **Waßmuth**: Galvanometrie mit Demonstrationen, 1 *g*. — **Radakovic**: Mechanik, 5; Seminar für theoretische Physik, 2 *g*. — **Brell**: Elastizitätstheorie, 3. — **v. Ficker**: Thermodynamik der Atmosphäre, 2; Klima und Wetterverhältnisse der Alpen, 2; Anleitung zur Ausführung meteorologischer Arbeiten, 2. —

Skrabal: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, für Vorgeschrittene, tägl., auch für Lehramtskandidaten, für Mediziner, 4. — **Kremann**: Elektrochemie (Fortsetzung), 3; Physikalisch-chemische Rechenmethoden, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, für Vorgeschrittene, tägl. — **v. Hemmelmayr**: Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie: Explosivstoffe, Zellstoff und Kunstseide, Gerberei mit Besuch von Fabrikanlagen, 2; Experimentierübungen (chemische Schulversuche), 2. —

v. Dantscher: Integralrechnung, Funktionentheorie (Fortsetzung), 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **v. Daublebsky**: Algebra (Fortsetzung), 2; Differentialgeometrie, 3; Elementarmathematik II, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Streißler**: Darstellende Geometrie, 3. — **Hillebrand**: Praktische Astronomie, 3; Interpolationsrechnung und numerische Integration, 2. —

Universität Greifswald.

Stark: Experimentalphysik I: Allgemeine Dynamik, Elastodynamik, 4; Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen, tägl.; Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler (mit Bestelmeyer), 6, für Mediziner und Pharmazeuten (mit Seeliger), 2; Besprechung neuer physikalischer Arbeiten (mit Seeliger und Bestelmeyer), 1 *g*. — **Bestelmeyer**: Angewandte Physik I, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der angewandten Physik, tägl. — **Seeliger**: Einführung in die theoretische Physik I: Mechanik, Elastizität, Hydrodynamik, 3, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Optik, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten aus dem Gebiet der theoretischen Physik, tägl. —

Meisenheimer: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum: a) anorganische Abteilung, ganz- und halbtägig, b) organische Abteilung (mit Posner), ganztägig, c) für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker, ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4, Erläuterungen, $^1/_2$ *g*. — **N. N.**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 3; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Sterilisationskursus für Pharmazeuten, 2; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 *g*. — **Roth**: Physikalische Chemie I, mit Experimenten, 2; Physikalisch-chemische Übungen, $3^1/_2$—7; Analytische Chemie, qualitativer Teil, 2; Chemie, Krieg und Wirtschaft, 1 *g*. — **Posner**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 2; Chemische Technologie I: Technologie der anorganischen Stoffe, 2; Technologische Exkursionen zur Besichtigung chemischer Fabriken, nach Verabredung, *g*. —

Vahlen: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Seminaristische Übungen: Algebraische Gleichungen, 1 *g*. — **Hausdorff**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 2 *g*; Differentialgeometrie: Kurven und Flächen, 4. — **Thaer**: Mathematischer Ergänzungskursus für Not-Abiturienten, mit Übungen, 6; Graphische Statik, 2, Übungen, nach Verabredung *g*. —

Universität Halle.

Mie: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Moleküle und Atome, 1 *g*; Physikalische Übungen für Naturwissenschaftler, 6; Kleines physikalisches Praktikum für Mediziner, Pharmazeuten und Landwirte, 3; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl. — **Schmidt**: Theoretische Optik, 4; Übungspraktikum für angewandte Physik, 4; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Wigand**: Über Elektronen und Ionen, 1. — **Herweg**: Die drahtlose Telegraphie, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Entwicklung in den Kriegsjahren, 1. — **Bernstein**: Kraftmaschinen, 2 *g*. —

Vorländer: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Über Doppel- und Komplexsalze, 1 *g*; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Schulze), 7. — **Tubandt**: Physikalische Chemie I, 2; Kleines physiko- und elektrochemisches Praktikum, 3; Übungen in der Elektroanalyse, 14 Tage; Übungen und Anleitung zu selbständigen Arbeiten im physikalisch-chemischen und elektrochemischen Laboratorium, tägl.; Theoretische Ergänzungen zum physikalisch-chemischen Praktikum, 1 *g*. — — **Schulze**: Darstellung und Prüfung der Arzneimittel, anorganischer Teil, 2; Chemisches Praktikum für Pharmazeuten, tägl.; Sterilisationsübungen für Pharmazeuten, 6 *g*. — **Beschke**: Besprechung neuerer chemischer Arbeiten, 1. — **Baumert**: Die wichtigsten Lebensmittel und deren Verfälschungen, 1 *g*; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend. — **Erdmann**: Chemische Technologie I: Wärmeerzeugung, Kälteerzeugung, chemische Großindustrie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie, 1 *g*; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend. —

Gutzmer: Differentialrechnung, mit Übungen, 5; Variationsrechnung, 3; Übungen des Mathematischen Seminars, 1 *g*. — **Langheineken**: Theorie der Abstimmung und der Verhältniswahl, mit Übungen, 1 *g*. — **Eberhard**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g*. — **Grammel**: Darstellende Geometrie I, 3, Übungen, 2 *g*; Mechanik der Flüssigkeiten und Gase: Hydro- und Aerodynamik, 2. — **Wangerin**: Analytische Mechanik I, 4; Potentialtheorie II, 1; Übungen des Mathematischen Seminars, 1 *g*. — **Martiny**: Feldmessen, Nivellieren und Planzeichnen, 2 *g*. — **Buchholz**: Grundlagen der Astronomie I, 2; Spezielle Störungen, 2 *g*. —

Universität Heidelberg.

Lenard: Experimentalphysik: Optik, Elektrizität und Magnetismus, 4; Physikalisches Praktikum (mit Becker und Ramsauer)), 6; Physikalisches Seminar und Kolloquium, 1 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten im physikalischen und radiologischen Laboratorium (mit Becker und Ramsauer), tägl. außer Sonnabend. — **Becker**: Wärmetheorie, 4; Elemente der Vektorenrechnung, 1; Theoretisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Ramsauer**:

Radiologie: Kathodenstrahlen, 2. — **Schmidt**: Photographische Kurse für Anfänger und Vorgeschrittene, 2. —

Curtius: Experimentalchemie I: Allgemeine Chemie und Metalloide, 4; Ausgewähltes aus der Chemie des Stickstoffs für Fortgeschrittenere, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere in anorganischer, organischer, physikalischer, analytischer und pharmazeutischer Chemie (mit Knoevenagel, Trautz, Stollé, Muckermann, Müller und Wilke), tägl. außer Sonnabend, für Lehramtskandidaten, halbtägig, für Mediziner, 4. — **Krafft**: Organische Chemie, 4; Praktisch-chemische Arbeiten und Übungen im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Anfänger, tägl. außer Sonnabend. — **Knoevenagel**: Organische Experimentalchemie: Verbindungen der Fettreihe, 3; Chemische Technologie: Anorganische Prozesse, mit Ausflügen, 2; Praktische Anwendung organischer Farbstoffe in der Färberei und Druckerei, 4—6 Wochen. — **Trautz**: Physikalische Chemie: Photochemie, Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse, 3, Übungen, 1; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 2; Struktur- und Valenzlehre: Bau- der Moleküle und Atome, 2; Praktische Einführung in die physikalische und Elektrochemie, 4—6 Wochen. — **Stollé**: Pharmazeutische Chemie I: Anorganischer Teil, 2; Analytische Methoden der organischen Chemie, 1. — **Mohr**: Besprechung neuerer organisch-chemischer Arbeiten, 1. — **Muckermann**: Nahrungsmittelchemie, 2; Ausmittelung der Gifte, 1; Über neuere Arzneimittel, 1; Praktische Einführung in die Nahrungsmittelchemie. — **Müller**: Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1, Praktische Übungen, 2; Spektralanalyse und Kolorimetrie, 1, — **Wilke**: Neuere Gebiete der Elektrochemie: Dunkle Entladung, Wechselströme, Elektrobiologie usw., 2. —

Stäckel: Einführung in die analytische Mechanik, 4, Übungen, 1; Mathematisches Oberseminar (mit Perron), 2. — **Perron**: Differential- und Integralrechnung II, mit Einschluß der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 6; Ausgewählte Kapitel aus der elementaren Geometrie, 3; Mathematisches Unterseminar, 1. — **Koehler**: Synthetische Geometrie der Ebene, 3. — **Pfeiffer**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 2; Graphische und numerische Methoden, 2, Übungen, 1. — **Bopp**: Geschichte der Mathematik, Übersicht über das Gesamtgebiet, 2 bis 3. — **Wolf**: Elemente der Astronomie III, 2 *g*. — **Kopff**: Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichsrechnung: Methode der kleinsten Quadrate, 2. —

Universität Innsbruck.

v. **Schweidler**: Experimentalphysik II, 4; Einführung in die messende Physik (Fortsetzung), 1; Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6; Wissenschaftliche Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — — v. **Lerch**: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Elektrizitätslehre, 3; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Strahlungslehre, 2. — **Tumlirz**: Theoretische Mechanik II, 5; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **Hammerl**: Elektrische Energieverteilung: Licht und Kraft, Hochspannungsanlagen, elektrische Bahnen, 2 *g*. —

Brunner: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend, für Lehramtskandidaten, halbtägig; Chemische Übungen für Mediziner, 6. — **Hopfgartner**: Pharmazeutische Chemie, 5. — **Zehenter**: Chemische Technologie der organischen Stoffe II: Technologie der tierischen Rohstoffe, mit besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse des Nahrungsmittelchemikers, 2 *g*. — **March**: Theorie der Kapillarität, 2. —

Gmeiner: Differentialgeometrie I: Ebene Kurven, 3; Variationsrechnung, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Zindler**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes II, mit Übungen, 6; Mathematisches Seminar für Anfänger: Einführung in die Differential- und Integralrechnung, 1 *g*. — **Menger**: Einführung in die projektive Geometrie (Fortsetzung), 2 *g*. —

Universität Jena.

Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 4; Praktikum (mit Pauli), für Mathematiker und Physiker, 6, für Chemiker und Pharmazeuten, 4, für Mediziner, 4; Leitung physikalischer Spezialarbeiten (mit Auerbach, Straubel und Pauli), tägl.; Physikalisches Kolloquium, *g*. — **Pauli**: Experimentalphysik III: Mechanik, Akustik, Wärme, für Fortgeschrittene, 2. — **Auerbach**: Mechanik der festen, flüssigen und gasigen Körper, 4; Einführung in die theoretische Physik: Begriffe, Prinzipien, Methoden, 4; Übersicht über die Tatsachen, Gesetze und Theorien der Physik, 2; Die graphische Darstellung, 1. — **Straubel**: Abbildungstheorie, 1. — **Ambronn**: Benutzung des Polarisationsmikroskops bei histologischen Untersuchungen, 1; Übungen in der Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate, 2; Übungen zur Dunkelfeldbeleuchtung und Ultramikroskopie, nur für Fortgeschrittene, 1. —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum: a) Vollpraktikum, 30, b) Halbpraktikum, 15, c) Mediziner-Vollpraktikum, 6, d) Mediziner-Halbpraktikum, 3; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Schneider), 40. — **N. N.**: Analytische Chemie II: Maßanalyse und Nichtmetalle, 2; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Schneider**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 2. — **Kaufmann**: Über Molekularbau und Isomerie, 1; Chemisches Repetitorium, 3. — **Hirsch**: Chemie und physikalische Chemie der Eiweißkörper, 2; Einführung in die Kolloidchemie, 1. — **Keller**: Pharmazeutische Chemie II: Organische Chemie, $2^1/_2$; Pharmazeutisch-chemische Übungen: Darstellung chemisch-pharmazeutischer Präparate, Untersuchung chemischer und galenischer Arzneimittel, Ausmittelung der Gifte, 15; Praktische und theoretische Übungen aus dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend; Vorlesungen und Übungen über Keimfreimachung von Arznei- und Verbandmitteln, Harn- usw. Untersuchungen, 3. — **Vongerichten**: Technologie der Teerfarben und verwandter Industriezweige mit Ausflügen, 2; Technisch-chemisches Praktikum, tägl. —

Haußner: Ausgewählte Gebiete der Elementarmathematik (zur Einführung in das Studium der Mathematik), 3; Synthetische Geometrie, 3; Theorie der Raumkurven und krummen Flächen I, 5; Differential- und Integralrechnung I, mit Übungen, 5; Mathematisches Proseminar: Elementarmathematik, 2; Mathematisches Seminar, 1. — **Koebe**: Analytische Geometrie der Ebene, mit Determinanten, 4, zur Ergänzung: Elementarmathematik, 1 *g*; Allgemeine Funktionentheorie, 4; Mathematisches Proseminar: Analytische Geometrie, 14 tägig, 2; Mathematisches Seminar, 1. — **Winkelmann**: Darstellende Geometrie II: Krummlinige Gebilde, Axonometrie, Perspektive, 2, Übungen, 2; Technische Mechanik I: Grundlagen, Stereomechanik, mit Übungen, 4. — **Knopf**: Sphärische Astronomie, 3; Zeit- und Ortsbestimmung mit praktischen Übungen auf der Sternwarte, 4; Geodäsie mit praktischen Übungen: Geländeaufnahme, Nivellieren usw., 2. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Physik, 4, Ergänzungen, 2; Physikalisches Laboratorium (mit Schachenmeier), 6; Seminar für Experimentalphysik (mit Schachenmeier), 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im physikalischen Laboratorium, nach Verabredung. — **Schachenmeier**: Mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 2; Optik mit besonderer Berücksichtigung der Elektronentheorie, 2. — **Thomälen**: Theorie der Wechselströme, 2, Übungen, 2. — **Schmidt**: Photographische Kurse, für Anfänger und Vorgeschrittene, 2; Exkursionen, 1 Nachmittag. — **Richter**: Elektromaschinenbau II, 5, III, 3; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II, 6, für

Vorgeschrittene (mit Schleiermacher, Schwaiger und Hausrath), 8; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Schleiermacher**: Grundiagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Hausrath), 6. — **Schwaiger**: Elektromotorische Betriebe, einschließlich Bahnen, 2; Elektrische Kraftwerke und Schaltaniagen, 2; Schalt- und Regulierapparate, 1; Hochspannungstechnik, 1, Übungen, 2; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 2; Übertragung und Verteilung elektrischer Energie, 1, Übungen, 2; Elektrische Beleuchtung, 2; Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Hausrath**: Instrumente- und Apparatebau, 2; Theoretische Telegraphie, 1; Hochfrequenzmessungen, 1. —

Engler: Organische Chemie I, 4; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1; Organisch-chemisches Kolloquium (mit Franzen), 1; Chemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Bredig**: Physikalische Chemie II, 2; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie und ihrer Anwendungen, 1; Demonstrationen technisch-elektrochemischer Prozesse (mit Askenasy), 3; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemischer und elektrochemischer Einführungskurs. — **Bunte**: Chemische Technologie I, 2, II, 2; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), 4, 3 und tägl.; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Technologische Exkursionen. — **Franzen**: Organische Chemie II, 2; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Chemie, 1; Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Askenasy**: Prozesse der elektrochemischen Großindustrie I, 2. — **Bunte**: Gasfeuerungen, 1, Übungen; Betriebskontrollen, Prüfung von Gasverbrauchsapparaten in der Lehr- und Versuchs-Gasanstalt, 3. — **Dieckhoff**: Anorganische pharmazeutische Chemie, 2; Analytische Chemie I, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1; Spezielle Technologie der Gasbeleuchtung I und II, 1, Übungen, 4. — **Koenig**: Chemie der Metalle, 2; Elektrochemie der Gase, 2. — **Reis**: Photochemie: Wirkungen des Lichtes, 1. — **Terres**: Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, 1; Wiederholungskurs der chemischen Technologie, nach Verabredung. — **Ubbelohde**: Industrie des Petroleums, 1; Über Kunststoffe, 1. — **N. N.**: Chemie der Faserstoffe und Farbstoffe II, 2; Übungen in Färberei und Druckerei, 2. —

Böhm: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Heun**: Mechanik I und II, 4, Übungen, 2; Mechanisches Seminar, 3 *g*. — **Krazer**: Grundlehren der höheren Mathematik, 4; Höhere Mathematik II, 2. — **N N.**: Darstellende Geometrie I und II, 4, Übungen, 4; Konstruktive Übungen der Perspektive, 3. — **Brandt**: Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes I und II, 3, Übungen, 1; Graphisches und numerisches Rechnen, 2, Übungen, 1. — **Haupt**: Übungen in den Grundlehren der höheren Mathematik, 2; Ergänzungen zur Arithmetik und Algebra, 1; Determinantentheorie, 2. — **Noether**: Elemente der Mechanik, 3, Übungen, 1; Hydromechanik und Aeromechanik, 2. — **Wellstein**: Projektionslehre, 2, Übungen, 4. — **Näbauer**: Geodätisches Praktikum, 6 und 3; Größere Vermessungsübung, 2 Wochen. — **Stutz**: Katastervermessung und Feldbereinigung, 3, Übungen, 2. —

Universität Kiel.

Dieterici: Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität, Magnetismus, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 8 und 4, für Doktoranden, tägl. — **N. N.**: Potentialtheorie und Elektrostatik, 4; Theorie physikalischer Messungsapparate, mit Übungen, 1; Ausgewählte physikalische Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Zahn**: Repetitorium der theoretischen Physik für Kriegsteilnehmer, 2. — **Martienssen**: Radioaktivität und verwandte Erscheinungen, 1; Elastizitätstheorie, 1. — **Schmidt**: Repetitorium der Experimentalphysik für Kriegsteilnehmer, 2. —

Diels: Anorganische Experimentalchemie, 5; Kolloquium über neuere chemische Arbeiten (mit Feist, Mumm, Horrmann, Preuner und Freudenberg, $1\frac{1}{2}$ *g*; Chemisches Praktikum I, anorganische Abteilung (mit Mumm), tägl. außer Sonnabend, II, organische Abteilung, tägl., für Mediziner (mit Feist), 4. — **Mumm**: Analytische Chemie, 2. — **Horrmann**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 3; Maßanalyse, 1; Über Alkaloide und deren Ermittelung bei Vergiftungsfällen, 1; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Stoehr**: Über Alkaloide, 1. — **Preuner**: Physikalische Chemie mit einigen Sätzen aus der Differentialrechnung als Einleitung, 3. — **Freudenberg**: Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 1; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. —

Pochhammer: Funktionentheorie, 4; Einleitung in die Theorie der Determinanten, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Geographische Ortsbestimmungen, 3, Übungen, nach Verabredung *g*. — **Jung**: Analytische Geometrie I, mit Übungen, 5; Analytische Mechanik, mit Übungen, 5; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Kobold**: Einleitung in die höhere Geodäsie, 2; Geodätische Übungen, 2 *g*. — **Toeplitz**: Proben mathematischer Forschung, 1; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2; Höhere Geometrie, 4, Übungen, 2; Seminar, nach Verabredung *g*. — **Neuendorff**: Graphische und numerische Methoden, mit Übungen, 6; Vorträge und Übungen zur angewandten Mathematik, 1 *g*. —

Universität Königsberg.

Kaufmann: Allgemeine Physik I: Mechanik und Wärme, 5, Ergänzungen, 1 *g*; Seminaristische Übungen zur Geschichte der Experimentalphysik (mit Hoffmann), 2 *g*; Physikalische Übungen, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. *g*. — **Volkmann**: Einführung in das Studium der theoretischen Physik, 4, Ergänzungen und Erläuterungen, 1 *g*; Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten für Anfänger und Vorgerückte, 6. — **Hoffmann**: Einführung in die mathematische Behandlung naturwissenschaftlicher Fragen. —

Klinger: Allgemeine und anorganische Chemie, 5; Besprechung besonderer Teile der Chemie (mit Blochmann, Eisenlohr und Sonn), 1 *g*; Chemisches Praktikum (mit Blochmann und Eisenlohr), tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Mediziner, 4. — **Eisenlohr**: Einführung in die physikalische Chemie, 2. — **Sonn**: Chemie der Benzolderivate, 2. — **Blochmann**: Einführung in die quantitative Analyse, 2; Die Schätze der Luft, 1 *g*. — **Rupp**: Pharmazeutische Chemie, 3; Chemische Übungen für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-wissenschaftliches Kolloquium, 1 *g*. —

Meyer: Analytische Geometrie der Ebene I, 4; Einführung in die höhere Geometrie der Ebene, 4; Neuere russische Mathematik I: Differenzenrechnung, *g*; Übungen im mathematischen Seminar, *g*. — **N. N.**: Differentialrechnung, 4; Algebra I, 3; Geometrie Riemanns, 1. — **Kaluza**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 4; Einführung in die Relativitätstheorie, 2. — **Falckenberg**: Darstellende Geometrie mit Übungen, 4; Differentialgleichungen, 2. — **Blaschke**: Aufgabenseminar über Algebra, Vortragsseminar über Elementarmathematik (mit Falckenberg), 2 *g*. — **Battermann**: Einleitung in die Mechanik des Himmels: Theorie der Bewegung und der Störungen der Himmelskörper, 2; Einleitung in die Fehlertheorie und in die Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 1; Einleitung in die astronomische Chronologie, 1; Geographisch-astronomische Ortsbestimmung, 2, Übungen, $1\frac{1}{2}$ *g*; Theorie der astronomischen Instrumente II:

Theorie des Äquatorials und des Heliometers, für Fortgeschrittene, $^1/_2$, Übungen, 2 *g*. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Scholl), tägl.; Physikalische Übungen, 6, für Mediziner und Pharmazeuten (mit Scholl), 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g*. — **Des Coudres**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Selbständige Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Fredenhagen), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Wiener), 2 *g*. — **v. Oettingen**: Harmonielehre, nach reiner Stimmung, 1 *g*. — **Scholl**: Entwicklung der Elektrotechnik und ihrer Anwendungsgebiete mit Berücksichtigung wirtschaftlicher Fragen, 2. — **Wenger**: Einführung in die Meteorologie: Geschichte, Organisation, Instrumente und Beobachtungen, 2; Arbeiten im Geophysikalischen Institut, tägl.; Geophysikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Marx**: Radioaktivität, 1. — **Haas**: Quantentheorie, 2; Geschichte der Physik vom Beginn des 19. Jahrhunderts bis zur Gegenwart, 14tägig, 2 *g*; Selbständige geschichtlich-physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, nach Verabredung, *g*. — **Lilienfeld**: Erzeugung und Anwendung tiefer Temperaturen, 1 *g*. —

Hantzsch: Anorganische Experimentalchemie, 5, Ergänzung, 1 *g*; Analytische und anorganisch-chemische Übungen für Chemiker, Pharmazeuten, Mathematiker, Naturwissenschaftler und Landwirte (mit Schaefer), tägl.; Organisch-präparative Übungen (mit Reddelien), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner und Zahnärzte (mit Stobbe, Rassow, Schaefer und Reddelien), tägl. — **Le Blanc**: Physikalische Chemie II: Thermochemie und Elektrochemie, mit Demonstrationen unter Berücksichtigung der Technik, 4; Chemische Arbeiten für Anfänger: Analytische und präparative, anorganische und organische Arbeiten (mit Böttger), tägl.; Physikalisch-chemische Arbeiten: Photochemisch-photographische (mit Weigert), elektrochemische und kolloid-chemische für Fortgeschrittene, tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs, auch für Mediziner, auf Wunsch Darstellung elektrochemischer Präparate (mit Schall und Drucker), 4 oder 8. — **Paal**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen, analytisch, anorganisch und organisch, auch für Anfänger, für Chemiker, Mathematiker, Naturwissenschaftler und Landwirte (mit Deußen), tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie (mit Deußen), tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologische Übungen (mit Deußen), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner und Zahnärzte, 6; Chemische Arbeiten für Vorgerücktere (mit Heller, Deußen und Scheiber), tägl.; Chemisch-technische Übungen (mit Heller), tägl. — **Stobbe**: Spezielle organische Chemie: Die aromatischen Verbindungen, 2; Wiederholungskursus der organischen Chemie, nach Verabredung, *g*. — **Wagner**: Methodische Übersicht der wichtigsten anorganischen Verbindungen mit Rücksicht auf die Bedürfnisse des Schulunterrichts, 1; Technik der Experimentalchemie unter vorzugsweiser Berücksichtigung von Lehrversuchen, 1 *g*; Chemische Übungen für Lehrer; Schulversuche, Analyse und Präparate, tägl.; Besprechungen: Grundlagen der präparativen Chemie (Massenwirkung), 1 *g*; Übungen im Entwerfen zu Präparationen für den Unterricht in der Chemie, nach Verabredung, *g*. — **Rassow**: Chemische Technologie, Brenn- und Leuchtstoffe, sowie ausgewählte anorganische Betriebe, 2; Technologische Ausflüge, nach Verabredung, *g*; Die Silikatindustrie: Glas, Keramik und Zemente, mit Demonstrationen, 1 *g*; Chemisch-technologische Übungen, tägl. — **Weigert**: Photochemie, 1; Photochemische und photographische Übungen, 4; Photochemische und photographische Arbeitsmethoden, 1 *g*. — **Schall**: Über elektrolytische Methoden und Kunstgriffe sowie deren technische Verwendung, 1. — **Böttger**: Elektroanalyse, 1; Übungen unter besonderer Berücksichtigung der Schnellmethoden, 3. — **Heller**: Allgemeine und technische Chemie, anorganischer Teil, zugleich Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Drucker**: Physikalisch-chemische Meßmethoden, 2. — **Schaefer**: Analytische Chemie, mit Versuchen, 2. — **Scheiber**: Methoden organisch-chemischer Forschung, 1. — **Ostwald**: Einführung in die Kolloidchemie, 1. — **Deußen**: Unsere wichtigsten Nahrungsmittel, 1; Übungen im Sterilisieren für Pharmazeuten, nach Verabredung. — **Wilke**: Einführung in das Materialprüfungswesen, 1; Maschinenzeichnen, 1. —

Hölder: Allgemeine Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen, 5; Mathematisches Seminar: Übungen in Funktionentheorie, 1 *g*. — **Bruns**: Allgemeine Astronomie, 4; Praktikum der Instrumentenkunde, nach Verabredung; Praktische Arbeiten in der Sternwarte, nach Verabredung, *g* — **Rohn**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g*; Projektive Geometrie, 2, Übungen, 1 *g*. — **Herglotz**: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4; Elemente der Zahlentheorie, 3. — **Schnee**: Algebraische Gleichungen, 4, Übungen, 1 *g*; Algebraische Analysis, 2. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Optik, 5, Elementarmathematische Ergänzungen, mit Versuchen, 1; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner und Schulze), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl. — **N. N.**: Theoretische Physik: Elektrizität und Magnetismus, 4; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Feußner**: Interferenz und Beugung des Lichtes (theoretisch), 2; Die neuesten Fortschritte der Physik, 2. — **Schulze**: Relativitätstheorie, 2. — **Take**: Über die neuen elektrischen Strahlungsarten: Kathoden-, Anoden-, Kanal-, Röntgen- und Becquerelstrahlen, mit Versuchen, 1; Physikalische Technologie mit Vorführungen und Ausflügen, $1^1/_2$. — **Wegener**: Optische Erscheinungen der Atmosphäre, 2. —

v. Auwers: Anorganische Experimentalchemie, für Chemiker und Mediziner, 6; Chemisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*; Chemisches Praktikum (mit Strecker), ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend, für Vorgerückte, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner (mit Strecker), tägl. außer Sonnabend; Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Strecker): Theoretische Einführung mit Versuchen, $^1/_2$, Praktikum, $3^1/_2$. — **Schmidt**: Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und selbständige Arbeiten, tägl., im Anschluß: Qualitative Analyse, *g*. — **Strecker**: Gewichtsanalyse, 2; Titrieranalyse, 1; Element und Atom, 1 *g*; Chemisches Repetitorium für Mediziner, 2; Gasanalytisches Praktikum, 3. — **Thiel**: Physikalische Chemie I, 3; Theoretische Übungen über ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl.; Photochemisches und photographisches Praktikum, für Anfänger und Fortgeschrittene (mit Stuchtey), 2. —

Neumann: Differential- und Integralrechnung I, 4; Analytische Mechanik, 4; Mathematisches Proseminar (zur Differentialrechnung), 1 *g*. — **Hensel**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Elementare Algebra, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **v. Dalwigk**: Darstellende Geometrie mit Übungen, 3; Funktionentheorie, 4; Konforme Abbildung, 1; Höhere Kapitel aus der Analysis, 2. — — **Fraenkel**: Elementarmathematik von höherem Standpunkte aus, 3; Einführung in die Mengenlehre, 3; Einführung in die Mathematik der Lebensversicherung, 1 bis 2. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik II: Wärme und Elektrizität, 5; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Praktische Übungen im Physikalischen Laboratorium (mit Koch und Wagner), 4. — **Sommerfeld**: Partielle Differentialgleichungen der Physik, 4; Repetitorium für

Kriegsteilnehmer (mit Lenz und Ewald), nach Verabredung; Seminar: Vorträge der Teilnehmer aus verschiedenen Gebieten der theoretischen Physik, 2 *g*; Relativitätstheorie, 2: Selbständige Arbeiten im Institut für theoretische Physik, 24. — **Graetz**: Experimentalphysik II: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum: a) Übungen in physikalischen Messungen, b) Übungen in physikalischen Demonstrationen, 4; Einleitung in die theoretische Physik II, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten aus der Physik, nach Verabredung, *g*. — **Schmauß**: Die Wettervorhersage, mit Übungen an der Wetterkarte, 2; Physikalische Erdbebenforschung, 1; Ausgewählte Kapitel der meteorologischen Optik, 1. — **Koch**: Photographie, als Hilfsmittel der Forschung, mit Vorweisungen, 1. — **Wagner**: Die Wege zur Bestimmung der atomistischen Größen, 1. — **Donle**: Doppelbrechung und damit zusammenhängende Erscheinungen, 2. —

Willstätter: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im Chemischen Laboratorium, unorganische Abteilung (mit Hönigschmid, Prandtl und Vanino), tägl. außer Sonnabend, organische Abteilung (mit Meyer und Dieckmann), tägl., physikalisch-chemische Abteilung (mit Fajans), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Vanino), 4; Arbeiten im Chemischen Laboratorium für fortgeschrittene Mediziner, halb- oder ganztägig; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Fajans), A, 1 Tag, B, 1/2 Tag; Kolloquium der organischen Chemie (mit Meyer, Dieckmann, Pummerer und Kalb), 1 *g*. — **Paul**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Nahrungsmittelchemie I, 2; Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde (organische Präparate), 3; Chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich physikalisch-chemischer, elektro-chemischer und nahrungsmittelchemischer Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich der Übungen in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren, tägl. außer Sonnabend. — **Hönigschmid**: Analytische Chemie I, 3; Elektrolytisches Praktikum, ganztägig; Kolloquium für physikalische und anorganische Chemie (mit Prandtl und Fajans), 1 1/2 *g*. — **Prandtl**: Spezielle unorganische Experimentalchemie: 1. bis 4. Gruppe des periodischen Systems, 4; Praktikum für Gasanalyse, 4. — **K. Meyer**: Chemie der Teerfarbstoffe, 2. — **Dieckmann**: Stereochemie, 1 *g*. — **Fajans**: Physikalische Chemie I, 2; Radioaktivität, 1. — **Pummerer**: Chemische Technologie organischer Verbindungen: Öle, Kohlehydrate, Gärungsgewerbe und Sprengstoffe, 2, mit Exkursionen; Einführung in die Kenntnis der Faserstoffe und Färberei mit Färbereipraktikum, 3. — **Kalb**: Repetitorium der organischen Chemie II: Aromatische und heterozyklische Verbindungen, 1. — **Bleyer**: Neuere Arzneimittel, 1. —

Lindemann: Integralrechnung, 5; Theorie der linearen Differentialgleichungen und der konformen Abbildung, 4; Über das Problem der Quadratur des Kreises, 2; Übungen und Vorträge im Mathematischen Seminar, 1 1/2 *g*. — **v. Seeliger**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Methode der kleinsten Quadrate, 4. — **Voß**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Übungen: Differentialgeometrie der Flächen und Kurven, 2 *g*. — **Pringsheim**: Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der analytischen Funktionen, 4; Algebra II, 4. — **Brunn**: Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der Ergebilde: Konvexe Formen, 2. — **Hartogs**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 3. — **Großmann**: Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, nach Verabredung. — **Böhm**: Differentialrechnung, 4; Die statistischen und rechnerischen Grundlagen der Sozialversicherung (Reichsversicherungsordnung), 2; Seminar für Statistik und Versicherungswissenschaft (mit v. Mayr und Zahn). — **Dingler**: Methodik der mathematischen Naturphilosophie, mit Kolloquium, 2. — **Rosenthal**: Algebraische Analysis, für Anfänger, 4; Seminar: Übungen über höhere Mathematik, 2. — **Lenz**: Mathematische Einleitung in die physikalische Chemie, 3; Quantentheorie, 2. — **Ewald**: Vektorrechnung als Grundlage für die theoretische Physik, mit Übungen, 3. —

Universität Prag.

Lampa: Experimentalphysik II, 5; Physikalisches Praktikum II, 6 bzw. 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Frank**: Thermodynamik, 3; Allgemeine Relativitätstheorie (Fortsetzung), 2; Die Grundlagen der nichteuklidischen Geometrie, 2 *g*. — **Spitaler**: Meteorologische Instrumente, Beobachtung und Berechnung, 4; Meteorologisches Praktikum, 1. —

Meyer: Organische Chemie, 5; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend. — **Rothmund**: Physikalische Chemie II, 4; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Wagner**: Physikalisch-chemische Meßmethoden, 1. — **Kirpal**: Chemische Großindustrie, 3. — **Morgenstern**: Über die Konstitutionsermittlung der wichtigsten Pflanzenalkaloide, 3. — **Sigmund**: Die Enzyme und ihre Bedeutung in der Physiologie und Technik, 1. —

Pick: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4; Geometrisches zur elementaren Zahlentheorie, 1; Übungen: Konforme Abbildung, 2. — **Kowalewski**: Differential- und Integralrechnung II, 4; Differentialinvarianten, 1; Übungen, 2. — **Funk**: Fouriersche Reihen, 2. — **Mack**: Kurs für geometrisches Zeichnen und darstellende Geometrie, 3. — **Prey**: Theorie der astronomischen Instrumente, 3; Veränderliche Sterne, 2. —

Gesuche.

Gesucht

wird von einem in der Elektrotechnik erfahrenen **Physiker,** dem bis jetzt durch seine Tätigkeit (u. a. Universitätsassistent) reichlich Gelegenheit gegeben war, selbständig zu arbeiten, mit prima Zeugnissen, in der Industrie dauernde selbständige Beschäftigung. Angebote sind unter **S. H. 540** an den Verlag dieser Zeitschrift (S. Hirzel) in Leipzig, Königstr. 2 zu richten.

Ein Physiker

mit abgeschlossener Hochschulbildung als **ständiger Assistent** gegen eine jährliche Entschädigung von 3520 M. gesucht. Einsendung von Gesuchen mit Lebenslauf und Zeugnisabschriften erbeten an Geh. Reg.-Rat Professor Dr. **L. Grunmach, Charlottenburg,** Physikalisches Institut der Technischen Hochschule, Berlinerstr. 171.

Für die Schriftleitung verantwortlich Professor Dr. Peter Debye in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

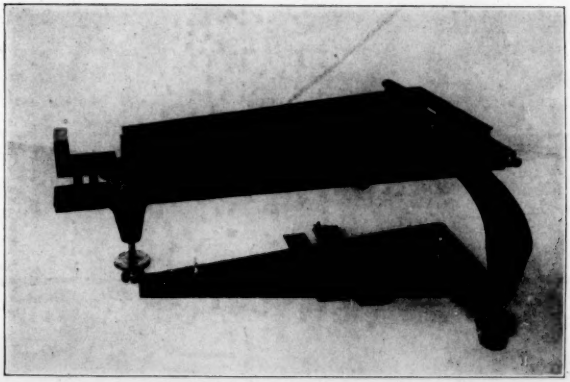

Fig. 3.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.